

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

148. évf. 5. sz.

2017. MÁJUS

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek : 670 Ft



- KREATIVITÁS ÉS PSZICHIÁTRIA
- SÓOLVADÉKOS ATOMREAKTOROK
- PROSZTATARÁK SUGÁRKEZELÉSE



- IRINYI JÁNOS EMLÉKE
- A VISEGRÁDI-HEGYSÉG
- ARANY JÁNOS ÉVE

- A TERMÉSZET-TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZATUNK CIKKEI

Az Év állatai



A harcsa elsősorban kisebb halakkal táplálkozik



A mogyorós pele nagy fekete szeme az éjszakai életmóddal függ össze



A mocsári béka hím példányai nagyobbak a nőstényeknél



Legtarkább madarunk, a tengelic



Egy összetéveszthetetlen rovar: a hím szarvasbogár



A nőstény szarvasbogár peterakás idején fakorhadékba ássa be magát

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben

SZILY KÁLMÁN

KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
148. ÉVFOLYAMA

2017. 5. sz. MÁJUS

Magyar Örökség-díjas és

Millenniumi Díjas folyóirat



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap, az Emberi
Erőforrások Minisztériuma, az Emberi Erőforrás Tám-
ogatáskézelő, a Nemzeti Tehetség Program és a Szellemi
Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával.



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:

STAAR GYULA

Szerkesztőség:

1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.

Telefon: 327-8950, fax: 327-8969

Levél cím: 1444 Budapest 8., Pf. 256

E-mail cím: termvil@titnet.hu

Internet: www.termeszettvilaga.hu

Felelős kiadó:

PIRÓTH ESZTER

a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja

a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.

Telefon: 327-8900

Nyomás:

PAUKER Nyomda

Felelős vezető:

Vértes Gábor

INDEX25 807

HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:

Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.

Telefon: 06-1-3278-950

e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:

Magyar Posta Zrt.

Telefon: 06-1-767-8262

E-mail: hirlapelofigetes@posta.hu

Internet: eshop.posta.hu

Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.

Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt. árusítóhelyein.

Előfizetési díj:

fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

TARTALOM

Rihmer Zoltán–Gonda Xénia–Rihmer Annamária: Mi áll a kreativitás

és a zsenialitás hátterében? 194

Király Márton: Sóolvadékos atomreaktorok 198

Tószegi Zsuzsanna: Irinyi János, a tudós vegyész és feltaláló 202

Biró Tamás: Régi vulkán, új irányok 207

Szili István: Az Év emlőse, kételtűje és hala 211

Korsós Zoltán: Egy Arany-kép története 214

Schiller Róbert: Arany János éve (KÖZÖTT) 216

Hollósy Ferenc: A prosztatarák sugárkezelésének újabb lehetőségei 217

Zelenka Tibor: A 2017. év ásványi nyersanyaga. A zeolit 220

Staar Gyula: Barátot, segítőtársat veszítettünk. Hecht Annára emlékezünk 223

HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK 224

E számunk szerzői 226

Kéri András: Fernando de Noronha, az Atlanti-óceán smaragdja 227

Matos Lajos (1935–2017) emlékére 229

Solt György: Miért tudják az elektronok a matematikát? 230

Dombi Margit: A tudományok debreceni élményközpontja 232

Szabó Márton: Gondolatok a természettudományos illusztrációkról.

Második rész. Praktikusság és modern képalkotás 234

Bencze Gyula: Rákgyógyítás és terrorizmus 237

FOLYÓIRATSZEMLE 238

Ajándékunk 500 iskolának 240

Címképünk: Analcim szaponitszálakkal. (Dunabogdány, Csódi-hegy, a nagyobbik kris-
tály 1,2 cm, HOM gyűjtemény, *Tóth László felvétele*)

Borítólapunk második oldalán: Az Év állatai (*Szili István akvarelljei*)

Borítólapunk harmadik oldalán: A zeolitscsoport néhány ásványa

Mellékletünk: A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei (*Lekka Ákos:* Egy
invazív fafajunk, a mirigyes bálványfa szövettani vizsgálata; *Vad Petra–Varga Sabrina:*
Mi is az eugenol? Avagy a szegfűszeg hatóanyagának vizsgálata; *Félegyházi Luca–
Lengyel Sára Ágnes:* Meglepetés-sztyepp a pleisztocénben: paleoökológiai vizsgálatok
a Somssich-hegy 2-es lelőhely cickányai alapján; *Tóth Zoltán:* Diszciplínák találkozá-
sa: a karcagi Asszony szállási-halom földrajzi, néprajzi és régészeti kutatása).

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,
BAUER GYÖZÖ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CZELNAI RUDOLF,
CSABA GYÖRGY, CSÁSZÁR ÁKOS, DÜRR JÁNOS, GÁBOS ZOLTÁN,
HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ,
LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ,
PATKÓS ANDRÁS, RESZLER ÁKOS,
SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SÓTONYI PÉTER,
SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 327–8960)

NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 327–8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető:

HORVÁTH KRISZTINA

RIHMER ZOLTÁN–GONDA XÉNIA–RIHMER ANNAMÁRIA

Mi áll a kreativitás és a zsenialitás hátterében?

Régi megfigyelés, hogy a művészek általában „érzékenyebbek”, mint a többi ember, és közöttük több a lelki betegségben szenvedő. Az is régóta ismert, hogy a pszichiátriai betegek között gyakrabban fordulnak elő olyanok, akik az átlagosnál nagyobb mértékű művészi kifejezőképességgel, tehetséggel vannak megáldva. A művészek és a pszichiátriai betegek osztoznak abban az adottságban, hogy másképp látják a világot, a mindennapi történetek, események számukra mást jelentenek, belőlük mást váltanak ki, mint a „hétköznapi” emberekből, akik sem betegséggel, sem kreativitással nincsenek megátkozva vagy megáldva. Nem új gondolat tehát, hogy a művészi hajlam és ez „elmebetegség” (sokszor annak viszonylag enyhébb formája) egymással szoros kapcsolatban áll, de ennek az összefüggésnek a mélyebb részleteit, a kapcsolat valódi jellegét csak az utóbbi évtizedekben végzett célzott kutatások révén kezdjük megismerni.

Az egyes történelmi korszakok folyamán az uralkodó, korra jellemző gondolkodásmódnak, a népszerű filozófiai irányzatoknak és a pszichiátria mindenkori felfogásának megfelelően, eltérő magyarázatok születtek arra, hogy vajon mi állhat a kreativitás és a zsenialitás hátterében.

Annak első leírása, hogy a tehetség és a művészi hajlam gyakran együtt jár az örülettel, az ókorból származik. *Arisztotelész* a Kr. előtti IV. században így írt erről: „Mi lehet annak az oka, hogy minden olyan ember, aki kimagaslóan teljesít akár a filozófia vagy a költészet terén, melankóliára hajlamos természetű? Igaz ez *Héraklész*-re, de éppúgy *Szókratész*-re vagy akár *Platón*-ra is, és még sok más olyan személyre, aki kiváló alkotott”. A biztató kezdet után azonban a középkor évszázadai alatt a tehetség, a melankólia és az örület közötti kapcsolat kikerült a filozófia és az orvoslás látóköréből. A reneszánszban azonban az általános emberkép, az emberi lét és lehetőségek határai kerültek az érdeklődés középpontjába, és ezzel párhuzamosan a kor kiemelkedő gondolkodóinak figyelmét nem kerülte

el a művészi hajlam és az elmebaj együttjárása sem. Ebben a korban tettek először különbséget azok között, akik borús hangulatú, de kiemelkedő tehetségű emberek voltak, illetve azok között, akiket éppen elmebajuk gátolt meg abban, hogy tehetségüket kibontakoztassák.

A XVII. században *Robert Burton* anglikán lelkész volt az első, aki híres könyvében, a *Melankólia anatómiájában* részletes leírást tett közzé a mániás depresszióval kapcsolatban, melyben a tehetség és az elmebetegség kapcsolatáról szólva, kissé általánosítva, úgy fogalmazott, hogy „minden költő örült”.

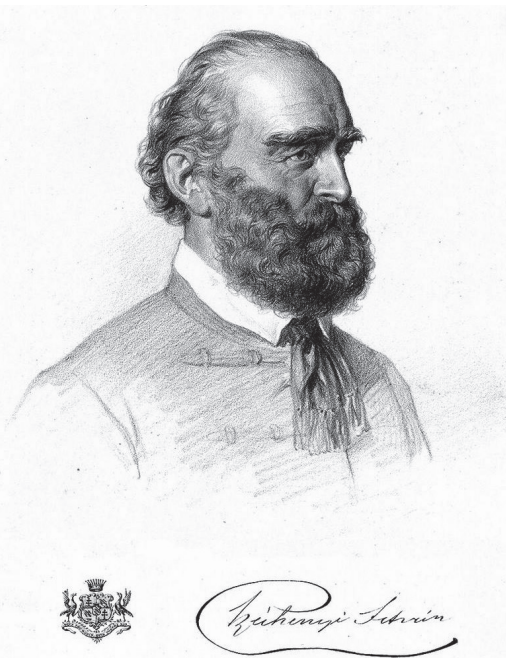
A XVIII. században a zsenialitást a racionális gondolkodással tartották egyenlőnek, és a művészi hajlamról való elmélkedés hátterbe szorult a filozófiában. A század végén azonban *Cesare Lombroso* olasz pszichiáter úgy vélte, hogy a zsenialitás olyan öröklődő vonás, amely a családokban a mentális betegségekkel együtt adódik át.

A XX. században a pszichológia és a pszichiátria tudománya robbanásszerű fejlődésnek indult, és ennek következtében további tudományos, orvosi szemszögből kezdtek foglalkozni a kreativitás és az „elmebetegségek” kapcsolatával. A pszichiátriai kórképek osztályzásának fejlődése következtében a kreativitás már nem csupán általában véve az „elmebajhoz”, illetve a melankóliához volt köthető, és jobban körülírhatóvá vált, hogy a sokféle pszichiátriai betegség közül melyek azok, amelyek esetében a betegek között a művészi hajlam fokozott. Korábban úgy képzelték, hogy a kreatív, tehetséges emberek melankóliában (melyre a levertség, a lehangoltság, a nyomott hangulat a jellemző), és mániás depresszióban, kétpólusú hangulatzavarban szenvednek. Azonban a század első felében, a szkizofréniával kapcsolatban végzett kutatások eredményének köszönhetően, számos pszichiáter arra a következtetésre jutott, hogy a kreativitás fő oka a szkizofrénia, a tudathasadásos elmezavar. A század második felében a mentális betegségek osztályzásának fejlődése következtében már nem csupán megfigyelések, de tapasztalati megfigyelések is segítették a kreativitás és a pszichiátriai betegségek közötti összefüggések alaposabb megértését.

Napjainkra, részben annak köszönhetően, hogy a diagnosztikus rendszerek fejlődése következtében számos, korábban szkizofrénként kezelt beteg mániás depresszió diagnózist kap, egyre inkább úgy tűnik, hogy a fokozott művészi hajlam és alkotóképesség a mániás depresszióval, illetve elsősorban a bipoláris betegséggel jár együtt.

Kreativitás és pszichiátriai betegségek: nemzetközi kutatások

A kreativitás és a pszichiátriai betegségek közötti összefüggés feltárására végzett első empirikus kutatás eredményeit *Andreasen* adta közre 1987-ben. A kutatás fő kérdése az volt, hogy valóban magasabb-e a mentális betegségek aránya a kreatív személyek között,



Gróf Széchenyi István mániás depresszióban szenvedett

valamint közvetlen családjukon belül, és emellett van-e olyan mentális betegség, amely esetében ez az együttjárás kifejezettebb. Ebben a vizsgálatban 30 kreatív író és (megfelelően kiválasztott) 30 kontrollszemélyt vizsgáltak. A klinikai vizsgálat során rögzítették az írók és kontrollok jelenlegi és múltbeli pszichiátriai diagnózisait strukturált diagnosztikus interjúk segítségével. A vizsgálat eredménye szerint az írók 80%-a (30-ból 24), míg a kontrollok csupán 30%-a (30-ból 9) szenvedett mániás depresszióban. Az írók 37%-a, a kontrollok 14%-a volt alkoholisták vagy droghasználók. Szkizofrén betegséget sem az íróknál, sem a kontrolloknál nem észleltek. A mániás depresszió és a kreativitás emelkedett előfordulása az írók elsőfokú rokonai esetében is kimutatható volt, ami arra utal, hogy ez a két jelenség a családokban együttesen fordul elő, és lehetséges, hogy bizonyos mértékig genetikailag (is) meghatározott.

Akiskal vizsgálata szintén alátámasztja a művészi kreativitás és a bipoláris zavar közötti szoros kapcsolatot. 750 pszichiátriai beteg esetében a művészi kreativitás és a kriminális viselkedés vizsgálata során azt találták, hogy a szkizofrén és bipoláris I zavarban szenvedő betegeknek fokozott a kriminalitási hajlam, a bipoláris II betegek esetében fokozott művészi kreativitási hajlam figyelhető meg, míg az unipoláris betegek esetében egyik sem jellemző.



Robert Schumann felnőttkorában számos mániás és depressziós időszakon esett át

Schildkraut a pszichiátriai betegségek jelentőségét vizsgálta a XX. századi New York-i iskola legelismertebb absztrakt expresszionista művészei esetében. A vizsgált 15 művész több mint fele volt markánsan pszichopatológiai eset, főként hangulatzavaros (a 15-ből 6) és drogfogyasztó (a 15-ből 5). Három művésznél súlyos mániás felhangoltság volt igazolható, további kettőnél pedig markáns hangulatlabilis személyiségvonások voltak megfigyelhetők. Több mint egyharmaduk esetében szerepelt pszichiátriai kezelés az anamnézisben, és közülük hárman már voltak is kórházban pszichiátriai problémák miatt. Kettőn kíséreltek meg ko-



Juhász Gyula műveiből is kirajzolódik a depresszió

rábban öngyilkosságot depressziós epizód alatt. Ez a vizsgálat szintén alátámasztja a kreativitás és a mentális betegségek (elsősorban a hangulatzavarok és szenvedélybetegségek) közötti kapcsolatot.

Ludwig kutatásai is a kreativitás háttérnek és pszichiátriai betegségekkel való összefüggéseinek feltárását célozták. A vizsgálatba 59 írónót és 59 kontrollszemélyt vontak be, akiket kérdőíves módszerekkel és interjúk segítségével vizsgáltak. Arra keresték a választ, hogy nagyobb-e az írónók esetében a mentális betegségek valószínűsége, mint a kontrollcsoportban, ez összefügg-e valamilyen családi halmozódással, illetve mi alapján jósolható meg esetükben a kreativitás. Az eredmények szerint az írónók 75%-a szenvedett depresszió, mániás, alkohol- vagy drogfogyasztás miatt, illetve volt megelőző öngyilkossági kísérlete, míg ezek a kontrollcsoport 31%-a esetében voltak csak kimutathatók. Az írónók elsőfokú rokonai nagyobb valószínűséggel szenvedtek valamilyen pszichiátriai betegségben, mint a kontrollcsoport tagjainak elsőfokú rokonai, ami alátámasztja a pszichopatológia és kreativitás együttes „öröklődésének”

elméletét. A részletes elemzés arra is rámutatott, hogy mind a családi (genetikus), mind a környezeti tényezők fontos szerepet játszanak a kreativitás és a pszichopatológia megnyilvánulásában.

Az eddigi egyik legátfogóbb kutatást a témában Post végezte. A már ismertetett vizsgálatokkal ellentétben, amelyek során a pszichiátriai diagnózisokat személyes vizsgálat segítségével határozták meg, Post 291 kiemelkedő XIX–XX. századi személyiség életrajzát tanulmányozta retrospektív módon. Vizsgálatába csak olyan személyeket vont be, akik esetében részletes életrajz, önéletrajz vagy rendszeresen vezetett napló volt elérhető. Családi háttérrel, személyiséggel, sexualitással és egészséggel kapcsolatos adatokat is gyűjtött. Alanyait hat kategóriába sorolta (tudósok, zeneszerzők, politikusok, művészek, gondolkodók – pontosabban filozófusok – és írók), mert elmélete szerint a lelki betegségek gyakorisága eltérő a különböző szakmák esetében. Eredményei szerint a társadalmi osztálytól és eredettől függetlenül az alanyok mintegy fele esetében volt a közeli rokonok között átlagon felüli teljesítmény valamilyen vizsgált területen. A zeneszerzők 89%-ánál volt a rokonságban tehetséges zenész. Az „öröklődés” befolyása kevésbé volt nyilvánvaló a művészek (40%) és a politikusok (30%) esetében. A tehetség ellenére, egyes családok nem tudtak kedvező gyermekkori környezetet biztosítani gyermekeik számára. Azonban nem lehetett meghatározni, hogy a gyermekkori boldogtalanság milyen gyakran volt házassági vagy pszichiátriai okokból fakadó anyai gondatlanság eredménye, vagy pedig a vizsgált személy későbbi, felnőttkori pszichiátriai betegségének előszele. Az alanyok 55,5%-ánál volt a családokban depresszió, öngyilkosság, szkizofrénia, alkoholizmus vagy más pszichiátriai betegség. A szerző a vizsgálat fő eredményeképpen azt emeli ki, hogy a vizsgált híres emberek 60%-ának volt élete során jelentős vagy súlyos pszichopatológiája. Pszichiátriai zavarok a legkisebb arányban (44,5%) a tudósok közt fordultak elő (Darwin, Mendel, Bohr és Röntgen), míg a legnagyobb arányban (88%) az íróknál (Gogol, Ibsen, Joyce, Hemingway és Tolsztoj). A teljes mintában a leggyakrabban előforduló pszichiátriai zavar a depresszió, illetve mániás depresszió (43%), a szorongásos zavar (15%) és az alkoholizmus (12%) volt. A szkizofrénia gyakorisága a híres emberek között 2%-nál kevesebb volt. A vizsgált 291 személy közül 5 követett el öngyilkosságot (1,7%) és 22-nek volt öngyilkossági kísérlete (7,5%). Mindkét adat magasabb, mint az átlagpopulációra jellemző értékek.

A kérdés témakörét vizsgáló legújabb tanulmányok szerint a hangulatzavaros betegek esetében a kreativitás nem (elsősorban) a mániás vagy depressziós epizódokhoz kötődik, sőt mélyült depresszió, illetve súlyos mániás epizód alatt még a kreatív alkotók produktivitása is csökken, illetve a színvonal romlik. Akiskal, valamint Nowakowska eredményei alapján az affektív betegeknél észlelhető művészi és társadalmi kreativitás elsősorban (az egyébként a bipoláris betegségre hajlamosító) hangulatlabilis és tartósan vidám temperamentummal



Sir Winston Churchill köztudottan mániás depresszióban szenvedett

függ össze, de maga a kreativitáshoz vezető magatartás főleg az enyhébb vagy ritkábban súlyos mániás epizódok során nyilvánul meg. Képzőművészekre és építészekre, valamint újságírókra elsősorban a hangulatlabilis, a menedzserekre és a vállalkozókra a tartósan vidám, aktív, az orvosokra és az ügyvédekre pedig a depresszív temperamentum jellemző. Ezen eredmények magyarázatául szolgálhatnak azon régebbi megfigyeléseknek is, melyek szerint a bipoláris betegek vertikális (felfelé irányuló) társadalmi mobilitása nagy, illetve ezen betegek és elsőfokú rokonaik relatíve túlréprezentáltak mind a kreatív személyek, mind a magasabb társadalmi osztályok között.

Kreativitás és pszichiátriai betegségek: hazai kutatások

A kreativitás és pszichiátriai betegségek összefüggését elemző Rihmer A. és Rihmer Z. által írt, első hazai összefoglaló tanulmány 2002-ben jelent meg, amely közleményben a szerzők az addig megjelent irodalmi adatok áttekintése során arra a következtetésre jutottak, hogy szemben a régebbi, inkább csak klinikai impressziókon és szórványos esetismertetések alapuló közlésekkel a vizsgálatok szerint a kreativitás nem elsősorban a szkizofréniával, hanem főleg a (bipoláris) hangulatzavarokkal függ össze.

21 nagy magyar költőgénusz (pl. Balassi Bálint, Nagy László) családi hátterének, életútjának és betegségeinek vizsgálatakor Czeizel kimutatta, hogy közülük 16 (78%) szenvedett súlyos (major) depresszióban, és ezen költők döntő többsége (a 16-ból 11) feltehetően bipoláris II zavarban szenvedett. A 21 költő közül 7-en (38%) kerültek kórházba súlyos depresszió miatt, ketten (10%) haltak meg öngyilkosság következtében (Juhász Gyula és József Attila) és további kettőnél (Ady Endre és Weöres Sándor) dokumentált szuicid (öngyilkossági) kísérlet, illetve másik kettőnél (Balassi Bálint és Vörösmarty Mihály) kifejezett szuicid készletek szerepelnek az élettörténetben.

József Attila családi hátterét, emberi és művészi pályájának alakulását, valamint betegségeinek dokumentációját áttekintve, Németh ki-
tűnő elemzésében szintén arra a következtetésre jut, hogy (legalábbis

az ún. I. tengely diagnózist illetően) József Attila nagyon nagy valószínűséggel affektív (talán bipoláris) betegségben szenvedett. Érdekes megemlíteni azt is, hogy Németh-től teljesen függetlenül, Czeizel is (bipoláris) kedélybetegnek tartotta József Attilát.

Egy Babits Mihályról szóló monográfiában Németh, Rihmer és Harmati Babits pszichopatológiáját elemzik. A rendelkezésre álló adatok alapján nagyon nagy valószínűséggel megállapítható, hogy a költő édesanyja és anyai nagyapja bipoláris kedélybetegségben szenvedtek, az édesanyának (a valószínűleg bipoláris II) kedélybetegsége mellett típusos migrénje és menstruációhoz kapcsolódó depresszív tünetei is voltak. Babits Mihály fiatal felnőttkorától fogva követhető depresszív-kényszeres személyisége mellett hosszú éveken át típusos disztímias betegségben (enyhe krónikus depresszióban) szenvedett, amelyre időszakosan (legalább három jól elkülöníthető alkalommal) hónapokig tartó súlyos depresszió is „árakodott”. Ezt a lefolyástípust a szakma manapság „dupla depresszió”-nak nevezi. Érdekes, hogy a definitív és markáns bipoláris családi anamnézis ellenére a költő életében még a leggondosabb elemzéssel sem lehetett akárcsak rövid ideig is tartó enyhe mániás epizódokat kimutatni. A legújabb évek rendkívül bő kutatásai tükrében ma már biztosra vehető, hogy a bipoláris családi anamnézissel rendelkező „unipoláris” major depressziós betegek potenciálisan bipolárisnak, tehát mániás-depressziósnek tekintendők, és náluk az erőteljes antidepresszív farmakoterápia (vagy elektrokonvulzív kezelés) gyakrabban vált ki (hipo)mániás „átcsapást”, mint a nem bipoláris genetikai hátterű depressziósoknál. Ezen eredmények alapján a legújabb diagnosztikai elvek szerint Babits Mihály depressziója a „bipoláris spektrum-betegség” kategóriájába tartozik, és könnyen elképzelhető, hogy antidepresszív farmakoterápia mellett a betegség bipoláris lefolyást mutatott volna. Rendkívül érdekes, hogy Babits Mihály személyiségének ez a „rejtett” bipolaritása a rendelkezésre álló adatok alapján csupán költeményeinek markáns, „bipoláris” szezonális ingadozásában nyilvánul meg: egész életművét illetően, de különösen az 1903–1914 közötti időszakra vonatkozóan megállapítható, hogy télen és nyáron kb. két és félszer-háromszor annyi verset írt, mint tavasszal és ősszel.

A művészi kreativitás és bipoláris kedélyzavar közötti kapcsolatot átfogóan Janka elemezte. A témakör külföldi és hazai irodalmának rendkívül alapos áttekintése után neves írók (Strindberg, Gogol), festők (van Gogh), és főleg zeneszerzők (Händel, Schumann, Mahler, Rossini) példáján rendkívül szemléletesen mutatja be a bipoláris kedélybetegség és a művészi kreativitás (a laikusok által sokszor rosszul értelmezett „alkotói láz” versus „alkotói válság”) összefüggéseit. A szerző szintén arra a következtetésre jut, hogy a régóta halmozódó megfigyelések és az újabban végzett tudományos vizsgálatok egyértelműen arra utalnak, hogy bizonyos pszichiátriai betegségek, és különösen a bipoláris kedélyzavar súlyos vagy enyhébb formája sokkal gyakrabban fordul elő írók, költők, képzőművészek és zeneszerzők körében, mint a populációban, de kétségtelen, hogy, mint ahogy Németh és Gerevich is utalnak rá, kiemelkedő művészi kreativitás ritkán szkizofréniában, illetve alkohol- vagy drogbetegségben is előfordulhat.

Az is kétségtelen, hogy a pszichiátriai (elsősorban mániás depressziós) betegség bár „szükséges”, de korántsem elégséges feltétele a kreatív életútja megvalósulásának, hiszen kellő intellektus, szorgalom, kitartás, és nem utolsósorban megfelelő családi-társadalmi környezet nélkül maga a betegség (vagy az arra hajlamosító személyiség) soha nem vezethet a kreativitás megnyilvánulásához. Fontos, de még korántsem eldöntött kérdés, hogy a kedélybetegségek kezelése befolyásolja-e, és ha igen, hogyan a kreatív személyiségek alkotói életpályáját. Az általános vélekedéssel szemben – legalábbis Schou vizsgálata alapján – a hosszú távú, a visszaesést megelőző gyógyszeres terápia, amely bipoláris betegeknél jelentősen csökkenti vagy megakadályozza a

mániás és depressziós visszaesések kialakulását, nem befolyásolja alapvetően a művészi, írói vagy üzleti kreativitást.

Esetismertetések

Amint arról már szó volt, a mániás depresszióra a hangulat és az aktivitás három különböző szintje jellemző: mánia (enyhébb formájában hipománia), depresszió és a tünetmentes időszakok (eutímia). Az életrajzok részletes elemzése tisztán rámutatott arra, hogy a kreatív személyek a mániás vagy hipomán, illetve az eutím fázisok alatt a legaktívabbak, de szinte sosem a depressziós időszakokban.

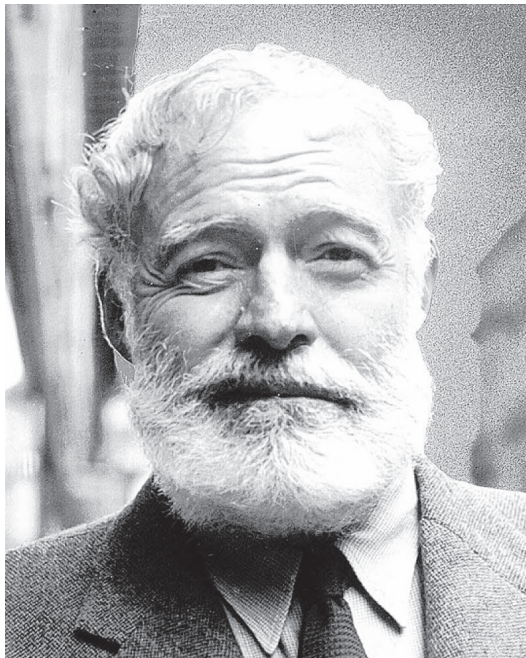
1. *Gróf Széchenyi István* (1791–1860), akinek kreatív személyisége és életpályája mindenki előtt ismert, minden valószínűség szerint mániás depressziós betegségben szenvedett, hiszen az életével kapcsolatban fennmaradt dokumentumokban, illetve a saját maga által vezetett részletes naplójában mind enyhébb mániás, mind enyhébb vagy súlyosabb depressziós fázisokkal kapcsolatban találunk egyértelmű leírásokat.

2. *Juhász Gyula* (1883–1937) esetében már műveiből is kirajzolódik a depresszió. Esetében családi halmozódásra is van bizonyíték, édesapja depressziója ismert volt, édesanyja melankóliára hajlamos, borúlátó személyisége pedig a költő műveiből tárul elénk. Bár verseiből elsősorban a depresszió sugárzik, életrajzi adataiból úgy tűnik, hogy életében volt néhány rövid ideig tartó hipomán szakasz is. Több öngyilkossági kísérlet után végül gyógyszerekkel vetett véget életének.

3. *Robert Schumann* (1809–1856) zeneszerző családjában számos rokonnál jelentkezett affektív zavar. Édesanyja és édesapja egyaránt depressziós volt, két elsőfokú rokona követett el öngyilkosságot, és egyik fia hosszú időn át volt elmeorvosintézetben, valószínűleg depresszió miatt. Felnőttkorában Schumann számos mániás és depressziós epizódon esett át, és kétszer kísérelt meg öngyilkosságot. A második alkalommal egy hídról a Rajnában vetette magát, azonban megmentették és elmeorvosintézetbe került. Két évvel később ott éhezette magát halálra. Ha Schumann életművét áttekintjük, látható, hogy tevékenysége évről évre jelentős ingadozást mutat. Hipomániás időszakában (1840-ben és 1849-ben) termékenysége ugrásszerűen megnőtt, azonban a depressziós fázisok során egyáltalán nem komponált (1844-ben és 1854–56 között). Jóllehet a művészi produktivitás nyilvánvalóan összefügg a hangulatzavarral és különösen a hipomán fázisokkal, annak eldöntéséhez, hogy ez a munka minőségét is befolyásolja-e, még további vizsgálatok szükségesek.

4. *Sir Winston Churchill* (1874–1965) esetében is jól ismert, hogy mániás depresszióban szenvedett. Katonaiskolában nevelkedett, és már 25 éves korára több katonai kitüntetést kapott. Hihetetlenül energikus volt, elégedetlen, ingerlékeny és nyughatatlan, aminek következtében összeférhetetlennek tartották. Enyhe mániás periódusaiban fáradhatatlan volt, briliáns és sokoldalú, amely szakaszait önmaga nevezte el „az akció napjainak”. Depresszív periódusaiban azonban, melyekre „fekete kutyaként” utalt, elkeseredett és borúlátó volt, apatikussá vált, és úgy érezte, az élet nem sokat tartogat számára.

5. Egy másik ismert mániás depressziós művész a Nobel-díjas *Ernest Hemingway* (1899–1961). Csakúgy mint Schumann esetében, Hemingway családjában is jelen volt a betegség. Édesapja és nagyapja is mániás depressziós volt, és mindketten öngyilkosságot követtek el. Egyik unokája szintén depressziós és (a korszellemnek megfelelően már nem alkoholistá, hanem) drogfüggő volt, és szintén öngyilkos lett. Hemingway aktív, kreatív periódusai a depressziós időszakaival váltakoztak. Első súlyos depressziója az I. világháború után kezdődött, amikor egy fiatal nő visszaautasította az udvarlását. Néhány évvel később, 1925-ben enyhe mániás állapotban megszállottan dolgozott *Bűcsű a fegyverektől* című művén. 1926-ban ismét depressziós lett, és ezúttal a depresszió másfél évig tartott. Hemingway egy másik jól dokumentált enyhe mániás fázisa a II. világháború alatt volt, amikor haditudósítói munkát végzett. 42 napon át éjszakánként kevesebb, mint három órát aludt és teljes erőbedobással dolgozott. Mániás állapotában meg volt győződve halhatatlanságáról, olyan gondatlanul vezetett, hogy több baleset is érte. Hajnaltól délig, vagy még tovább dolgozott, aztán elment halászni vagy vadászni, majd ismét reggelig írt. Hemingway rendszeresen ivott, amely különösen a depressziós időszakokban vált súlyossá. 1960-ban kórházba került, háromszor kezelték „elektroskokkal” a Mayo Klinikán. Utolsó súlyos depressziós epizódja során öngyilkos lett: 1961. július 2-án, kezeletlen depressziója során vadászfegyverével lőtte agyon magát.



Ernest Hemingway aktív, kreatív periódusai depressziós időszakaival váltakoztak

Megbeszélés

Jóllehet a kreativitás és a pszichiátriai betegségek (különösen a mániás depresszió) közötti kapcsolatot már régen megfigyelték, a köztük lévő összefüggés még nem teljesen tisztázott. Számos esettanulmány és kutatás mutatott rá, hogy a fokozott kreativitás és a bipoláris (különösen a bipoláris II) betegség egymással szoros összefüggésben áll, és a kreativitás nem elsősorban a hangulatzavaros epizódokkal, hanem az arra kifejezetten hajlamosító vidám-szomorú vagy mindig vidám temperamentum-típussal függ össze. Kétségtelen azonban, hogyha a kreativitás és a bipoláris betegség időbeli kapcsolatát elemezzük, látható, hogy a fokozott kreativitás elsősorban a hipomániás (vagy mániás) epizódok során jelentkezik, depresszió alatt majdnem mindig csökken. Ez utóbbit sokszor „alkotói válságnak” is nevezik, amely kifejezés nyelvtanilag és logikailag korrekt, a lényegét illetően viszont (nem szakemberek részéről megbocsátható módon) ismerethiányt tükröz. Sok mániás depressziós beteg azonban nem mutat különösebb kreativitást, így ez a betegség önmagában nem elég a kreatív viselkedés magyarázatára. Mint már említettük, számos más tényező is fontos szerepet játszik a kreativitás kialakulásában, mint például a családi körülmények, neveltetés, szorgalom, intelligencia, illetve

kitartás. Az utóbbi két évtizedben történt hatalmas előrelépés ellenére azonban még mindig számos vizsgálatra van szükség ahhoz, hogy megértsük annak a rendkívül összetett jelenségnek az eredetét és természetét, amelyet kreativitásnak nevezünk. ♪

Irodalom

- Andreasen NC.: Creativity and mental illness: prevalence rates in writers and their first-degree relatives. *American Journal of Psychiatry* 1987; 144: 1288-1292.
- Akiskal HS., Akiskal K.: Reassessing the prevalence of bipolar disorders: clinical significance and artistic creativity. *Psychiatry and Psychobiology* 1988; 3: 29-36.
- Akiskal K., Savino M., Akiskal HS.: Temperament profiles in physicians, lawyers, managers, industrialists, architects, journalists, and artists: A study in psychiatric inpatients. *J Affect Disord* 2005; 85: 201-206.
- Burton R.: *The Anatomy of Melancholy*. Edited by F. Dell and P. Jordan-Smith. New York: Tudor Publishing Company. 1792
- Czeizel E.: Aki költő akar lenni, pokolra kell annak menni? Magyar költő-génuszok testi és lelki betegségei. Budapest: GMR Reklámügynökség. 2001.
- Fekete S.: Széchenyi István. Budapest: Móra Ferenc Könyvkiadó. 1968.
- Gerevich J.: Teremtő vágyak – Művészek és műsák. Noran Libro kiadó, Budapest, 2016.
- Goodwin FK., Jamison KR.: *Manic-Depressive Illness*. New York: Oxford University Press. 1990.
- Grünwald B.: Az új Magyarország (gróf Széchenyi István). Budapest: Franklin Társulat. 1980.
- Janka Z.: Művészi kreativitás és bipoláris kedélyzavar. *Orv. Hetil.* 2004; 145: 1709-1718.
- Janka Z.: Hanguatzavarok befolyása a kreativitásra. *Ideggy. Szemle*, 2006; 59: 236-240.
- Lombroso C.: *The Man of Genius*. London: Walter Scott. 1891.
- Ludwig AM: Mental illness and creative activity in female writers. *Am J Psychiat*, 1994; 151: 1650-1656.
- Németh A.: József Attila pszichiátriai betegsége. Budapest: Filum. 2000.
- Németh A., Rihmer Z., Harmati L.: Babits Mihály pszichopatológiája. In: Sipos L. editor. „...Kínok és álmok közt...”. Czeizel Endre, Gyenes György, Harmati Lídia, Németh Attila, Rihmer Zoltán, Sipos Lajos, Szállási Árpád Babitsról. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2004: 227-284.
- Németh A.: Művészek és pszichopatológia. *Medicina Kiadó*, Budapest, 2015.
- Nowakowska C, Strong CM, Santosa CM, Wang PW, Ketter TA: Temperamental commonalities and differences in euthymic mood disorder patients, creative controls, and healthy controls. *J Affect Disord* 2005; 85:207-215.
- Post F.: Creativity and Psychopathology. A study of 291 world-famous men. *Brit J Psychiat* 1994; 165: 22-34.
- Rihmer A, Rihmer Z.: Creativity and mental illness. *Neuropsychopharmacol Hung* 2002; 4: 5-8.
- Schildkraut JJ, Hirshfeld AJ, Murphy JM: Mind and mood in modern art. II: Depressive disorders, spirituality and early deaths in the abstract expressionist artist of the New York School. *Am J Psychiat* 1994; 151: 482-488.
- SchoU M: Artistic productivity and lithium prophylaxis in manic-depressive illness. *Brit J Psychiat* 1979, 135: 97-103.
- Serio-De-Souza MC, Dias VV, Bio DS, Post RM, Moreno R: Creativity and executive function across manic, mixed and depressive episodes in bipolar I disorder. *J Affect Disord*, 2011; 135: 292-297.
- Taylor K, Fletcher L, Lobban F: Exploring the link between phenomenology

A Semmelweis Egyetem Kórélettani Intézetében, a Rosivall László professzor által meghirdetett, a *Művészet kórélettana* című speciális kollégiumon 2017. február 15-én tartott előadás alapján.

KIRÁLY MÁRTON

Sóolvadékos atomreaktorok

Egy sóolvadékkal mint üzemanyaggal és egyben hűtőadó közeggel működő atomreaktorok egyedülálló előnyei vannak a jelenleg elterjedt, szilárd üzemanyagot használó reaktorokkal szemben. A magas hőmérsékleten, nagyobb hatékonysággal működő, és akár hasadóanyag-tenyésztésre is alkalmas reaktor ötlete az 1940-es években született meg, majd az Oak Ridge National Laboratory-ban fejlesztették ki az 1960-as években. Az 1970-es években felhagyott kutatás ellenére az egyre újabb sóolvadékos tervek az utóbbi időben mind nagyobb támogatást kapnak, mivel a jobb hatékonyságban és a tórium alapú üzemanyag-tenyésztésben rejlő lehetőségek hosszú távon a fosszilis tüzelőanyagok kiváltásának lehetőségével kecsegtetnek. Bár a sóolvadékos gyorsreaktor az egyetlen, melyet jelenleg is nemzetközi összefogás keretében fejlesztenek, számos vállalkozás alapult a tucatnyi különböző sóolvadékos reaktor elképzelés megvalósítására.

A sóolvadékos reaktor működési elve

A nukleáris hulladékok újrahasznosítása és hosszú távon a hasadóanyag-tenyésztés a fenntartható atomenergetika egyik sarokköve. Egy előző cikkben [1] vázoltam a tórium mint potenciális nukleáris üzemanyag hasznosításának lehetőségeit a jelenleg üzemelő atomerőművekben. A tóriumban rejlő lehetőségekről adott kép azonban nem lenne teljes egy másik, több mint fél évszázada felvetett reaktorkonstrukció megemlézése nélkül, melynek alapötlete a tórium felhasználhatóságának kutatására vezethető vissza. Az atomreaktorok egy különleges fajtáját képviseli a sóolvadékos reaktor (MSR = Molten Salt Reactor), mely az új és innovatív, úgynevezett negyedik generációs elképzelések között is helyet kapott.

Sóolvadékokat jelenleg is elsősorattal alkalmaznak különböző területeken, például fémek hőkezelésénél és hűtőadó közegként naperőművekben. Magas olvadáspont, közepes hőkapacitás, 2 g/cm³ körüli sűrűség, vízszerű hővezetés, nagy viszkozitás jellemző rájuk. Mivel tenziójuk kicsi, így alacsony, akár atomszférikus nyomáson lehet velük dolgozni, hátrányuk viszont, hogy általában igen korrozívak. A leggyakrabban felmerülő hordozó só a lítium-berillium-fluorid, mely minimális olvadáspontú (550 °C) eutektikumot alkot, olvadt állapotban átlátszó, forráspontja 1400 °C körüli, tehát a várt üzemi hőmérséklet közelében (600–900 °C) atmoszférikus nyomásviszonyok mellett használható. Tulajdonságai alkalmassá teszik atomreaktorok primer hűtőkörében való használatra.

Az 1. ábrán egy sóolvadékos atomerőmű vázlata látható. A sóolvadékos reaktorban az elsődleges hűtőközegben, a sóolvadékos oldva található meg az urán-tetrafluorid (UF₄) üzemanyag. A maghasadáshoz a ma elterjedt reaktorokhoz hasonlóan lassított, termikus neutronokra van szükség, vagyis a hasadási reakcióban keletkező neutronokat le kell lassítani moderátor közeg segítségével. Erre a célra grafitömbök szolgálnak, melyek között kis csatornában folyik a sóolvadék.

A sóolvadékos reaktor története

Egy sóolvadékkal működő reaktor alapkoncepcióját még *Wigner Jenő* vetette fel 1945-ben. Ötlete szerint közvetlen hőátadást kellene megvalósítani a hasadóanyag és a hűtőközeg között, és ehhez egy sóolvadékból oldva lehetne hasznosítani az üzemanyagot. (A hagyományos reaktorokban a szilárd üzemanyag és a folyékony vagy gáz hűtőközeg közvetlenül nem érintkezik egymással, csak a fűtőelem burkolat fémfalán keresztül cserél hőt.) Az első sóolvadékos reaktor tervét Wigner egyik barátjával, *Alvin Weinberggel* közösen jelentette meg 1947-ben. Ezt a reaktortípust később az amerikai Oak Ridge National Laboratory (ORNL) által vezetett Sóolvadékos Reaktor Kísérlet (Molten Salt Reactor Experiment) során fejlesztették ki 1954 és 1976 között [3], amikor Weinberget tették meg a kutatóintézet igazgatójának. Egy olyan, fluoridsók olvadékában oldott üzemanyaggal működő reaktor megalkotása volt a kutatás célja, mely képes lakossági villamosenergia-termelésre és biztonságtechnikai vonásai merőben

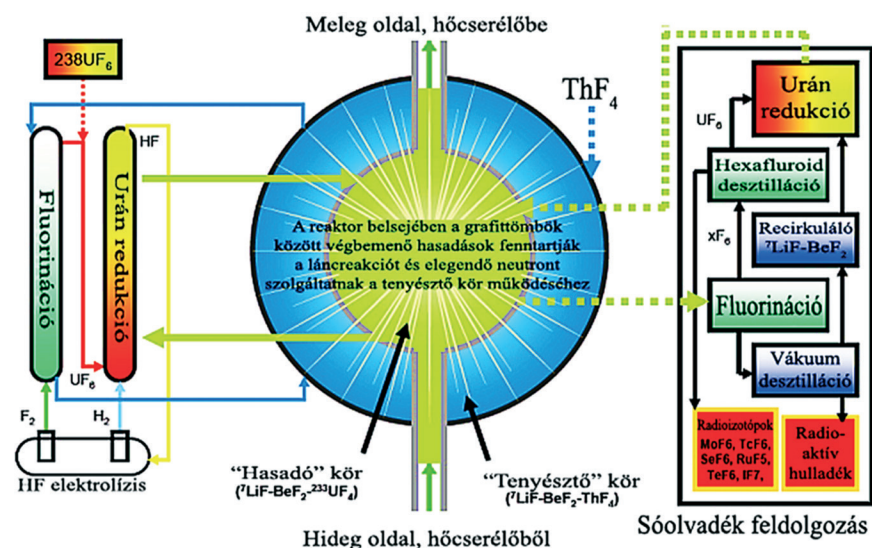
után 1969 szeptemberében plutónium-fluoridot adtak az elegyhez, így vizsgálva annak hatását és üzemanyagként való alkalmazhatóságát. A mérések alapján sikerrel alkalmazható az urán és a plutónium üzemanyag is. [4] A kísérleti reaktor négy évig működött, a stabil és biztonságos üzemelés pedig igazolta az elképzelések helyességét.

1969 végén a MSRE-programot leállították és kezdetét vette a már hosszabb ideje vizsgált, a sóolvadékos kísérlet eredményein és a tórium cikluson alapuló sóolvadékos tenyésztőreaktor (Molten Salt Breeding Reactor, MSBR) részletes tervezése és egyes elemeinek kipróbálása. Az egyik terv szerint két, egymástól elválasztott sóolvadékos körre van szükség (2. ábra): egy energiatermelő reaktormagra (zöld) és a reaktor körül található tenyésztő és ártánykóló körre (kék). A tenyésztő körből, melyben a tórium található, egy lépésben kivonható a tenyésztés során termelődő urán-233, és ezt használva működik a belső reaktormag. A reaktorban a hasadóanyag folyamatos utánpótlása miatt hosszú ideig, akár évtizedekig is fenntartható a láncreakció, és ez egyben neutronokat is szolgáltat a külső, tenyésztő kör működéséhez.

Későbbi vizsgálatok során kimutatták, hogy nincs feltétlenül szükség két elkülönülő körre, mivel a számítások szerint 1,065-ös tenyésztési arány érhető el egy körrel a tórium és az urán 5:1 arányú elegyítése mellett. Ez annyit jelent, hogy a reaktor üzemelése során a tenyésztés miatt az üzemanyag (urán-233) mennyisége 6,5%-kal nő, miközben a láncreakcióban folyamatosan felszabaduló energiát az erőműben hasznosítani lehet. Ehhez a moderátor grafitmennyiségét csökkenteni kellett a reaktoron belül. Egy 1000 MW elektromos teljesítményű lakossági erőmű kifejlesztését tervezték, rövid időn belül több ilyen terv is készült. [5]

A program addig elért eredményeiről az Atomic Energy Commission (AEC) 1972-ben készített egy átfogó jelentést (WASH-1222), mely a MSBR kísérleti eredményeit és a megoldásra váró kutatási feladatokat tartalmazta. [6] A felsorolt speciális technológiai problémák mellett a jelentésben külön kiemelték a gazdasági hátrányokat is, mely szerint az ipar képviselői már elkezdtek magukat a LWR (könnyűvízes), VHTR (gázhűtésű) és a LMFBF (folyékony fém hűtésű gyorsreaktor) mellett. Továbbá a folyékony üzemanyag szükségtelemné a jelenlegi reaktorokhoz szükséges szilárd üzemanyagot gyártó vállalatokat, melyek „elsőpró gyártási és üzemeltetési tapasztalattal rendelkeznek” a sóolvadékos technológiához képest.

Mivel az AEC a gyorsreaktorokat részesítette előnyben, így 1973 januárjában leállította a teljes MSBR-programot. Ugyanekkor menesztették Alvin Weinberget az ORNL éléről és ezzel egy időre véget vetettek a sóolvadékos technológia fejlesztésének. 1974 januárjában a kutatást és a finanszírozást sikerült újraindítani. Ebben részben szerepet kapott az 1973-as olajválság kirobbanása is. A program költségvetését azonban fokozatosan csökkentették, nem kapott elég kormányzati támogatást, és az összes kutatás néhány évvel később befejeződött. Az utolsó fél-éves jelentés 1976 augusztusában jelent meg, mely még több, folyamatban lévő kutatást említett. [7] Az utolsó elérhető jelentések alapján a technológiai problémák egy részére megoldást találtak, bár a leírt eredmények jelentős részét nem sikerül hosszú távon ellenőrizni és a komponensek és szerkezeti any-



2. ábra. A kétförös tóriumos sóolvadékos tenyésztőreaktor rajza

(Forrás: Király Márton: Egy részben elfelejtett technológia nyomában. Nukleon, V. évf. (2012) 114 http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_5_3_114_Kiraly.pdf)

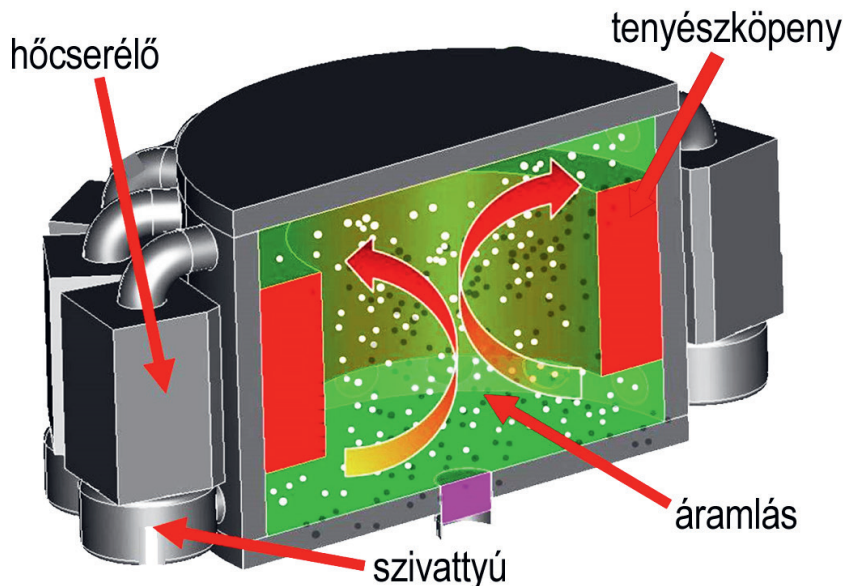
eltérnek a szilárd üzemanyagú reaktorokétól. Az elkészült kísérleti reaktor 1965. június 1-jén lett kritikus, mely az (30%-os dúsítású urán-235-öt tartalmazó) urán-fluorid üzemanyag mellett egy cirkónium-berillium-lítium fluorid összetételű sóolvadékkal működött.

Az első sóolvadékos reaktor az MSRE keretében, több hosszú tesztüzem után, 1967 szeptembere és 1968 márciusa között hat hónapon át folyamatosan működött. A cirkuláló sóolvadék összetételét ez alatt nem változtatták, a jelen lévő urán mennyiségét pedig folyamatos méréssel és külső adagolással tartották állandóan, mely szintén nem jelentett gondot, mivel ez mindössze néhány gramm urán-fluorid hozzáadását jelentette az elegyhez, mely abban azonnal elolvadt és elkeveredett. Ezzel a kísérlettel sikerült igazolni a technológia megvalósíthatóságát és biztonságosságát, valamint sok tapasztalatra tettek szert a reaktorfizikai paraméterekkel és az üzemeltetéssel kapcsolatban. A kísérlet végeztével a teljes uránmennyiséget kivonták, majd 1968 októberében a hordozó sóhoz kizárólag urán-233-at adtak. Ez az uránizotóp keletkezik a tórium alapú hasadóanyag tenyésztés során. Ez volt a világon az első atomreaktor, mely ezzel a mesterséges üzemanyaggal működött. Ez

gok viselkedését megfigyelni. Ezek alapján úgy tűnik, hogy a sóolvadékos tenyésztőreaktor technológiai kidolgozása nem állt messze a megvalósítástól, azonban egy kedvezőtlen politikai vitában támogatók nélkül maradt és további finanszírozás nélkül abbamaradt.

többek között Magyarország kutatói (EVOL), valamint az Euratom és a Roszatom összefogásával folyt az elmúlt években a kutatás-fejlesztés. A reaktor áramlási jellemzőit a BME Nukleáris Technika Intézetében modellezték. [9] Jelenleg az EU-s Horizon 2020 keretében meghirdetett SAMOFAR-programban folytatódik a koncepció biztonsági értékelése.

A vizsgált üzemanyag a lítium és a tórium fluoridjának 3:1 arányú keveréke, melyhez további 5% dúsított uránt adnak a láncreakció beindításához. A sóolvadék 750 °C-ra melegszik a reaktorban, és 16 szivattyú fogja keringetni az olvadékot az aktív zóna és a hőcserélők között. A zóna külső részén a reaktorból kiszökő neutronok hasznosítására egy tóriumban gazdag tenyésztő köpenyt terveztek (3. ábra). Egy ehhez hasonló program indult el 2016-ban az USA-ban is, melyben a fluorid helyett kloridsókat használnának hordozónak. [10]



3. ábra. A sóolvadékos tenyésztőreaktor rajza

(Forrás: <http://www.daretothink.org/wp-content/uploads/2015/02/reacteur-nucleaire-rapide-a-sels-fondus.jpg>)

Az elmúlt években a világ számos országában egyre több magáncég kezdett bele sóolvadékos reaktor koncepciók tervezésébe és fejlesztésébe. Ezek a vállalkozások ugyan mind az Oak Ridge-ben kifejlesztett modellt veszik alapul, azonban új, egyedi biztonsági és üzemeltetési megoldásokkal igyekeznek az elképzelés versenyképességét javítani. Ennek köszönhetően remek ötletek jelentek meg a hőelvonás biztosítására, a radioaktív gázok kezelésére, valamint a moderátor anyagára vonatkozóan. A sóolvadékos reaktor és a tórium alapú hasadóanyag-tenyésztés ugyan nem terjedt el a köztudatban, de az elképzelés elkötelezett támogatói segítenek az elképzelés életben tartásában.

A sóolvadékos gyorsreaktor

Az 1970-es évek óta a sóolvadékos reaktorok fejlesztése nem élvezett állami támogatást. A következő nagyobb, nemzetközi összefogáson alapuló program a sóolvadékos gyorsreaktor (MSFR) koncepcióhoz köthető. Ha a sóolvadékos reaktorból kivesszük a neutronok lassítására szolgáló grafitot, akkor gyorsreaktorunk kapunk, mely a többi gyorsreaktorhoz hasonlóan alkalmas az urán-plutónium alapú tenyésztés megvalósítására is. Ez a terv először az 1960-as években, az Oak Ridge-ben folytatott MSRE-programmal közel egy időben jelent meg az Egyesült Királyságban, az Atomic Energy Research Establishment (AERE) vezetése alatt. [8] Ez a kutatóintézet volt felelős az atomenergia különböző célú felhasználásának vizsgálatáért, beleértve a békés és a katonai célokat, valamint a fúziós kutatásokat is.

A sóolvadékos gyorsreaktor elképzelés az utóbbi években egyre nagyobb támogatást nyert, bár még csak tervezés kezdeti szakaszában, a biztonsági elemzések szintjén tart. Hét ország,

A sóolvadékos reaktorok az innovatív, negyedik generációs tervek közé tartoznak, melyek az atomenergia jövőjét hivatottak képviselni. Az egyes elképzelések azonban jelentősen eltérhetnek egymástól, mind a neutronok lassítását, mind a hordozó só összetételét, mind a hasadóanyag-tenyésztést tekintve, így valójában tucatnyi reaktorkoncepcióról van szó. Ezek legtöbbször tartalmazza azokat az egyedi előnyöket, melyek valóban kiemelik a sóolvadékos reaktort a hagyományos és elfogadott reaktorok közül. A folyékony üzemanyag és a tórium hasznosítására kihegyezett üzemeltetési körülmények az elkövetkező évtizedek fontos kutatási területévé teszik a sóolvadékos technológiát. ☞

Irodalom

- [1] Király Márton: A hasadóanyag-tenyésztés atomenergetikai lehetőségei. *Természet Világa*, 148. évf., 2017. február, 62-65. oldal
- [2] Ralph Moir, Teller Ede: Egy tórium alapon működő, sóolvadékos, föld alá telepített atomreaktor lehetősége. *Fizikai Szemle*, 2011/11
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Molten-Salt_Reactor_Experiment
- [4] M. W. Rosenthal: Molten-Salt Reactor Program Semiannual Progress Report For Period Ending February 28 1970, ORNL-4548, Oak Ridge National Laboratory (1970)
- [5] R. B. Briggs: Molten-Salt Reactor Program Semiannual Progress Report For Period Ending February 28 1966, ORNL-3936, Oak Ridge National Laboratory (1966)
- [6] <http://moltsalt.org/references/static/downloads/pdf/WASH-1222.pdf>
- [7] <http://www.energyfromthorium.com/pdf>
- [8] <http://www.the-weinberg-foundation.org/2014/11/13/the-uk-forgotten-molten-salt-reactor-programme>
- [9] B. Yamaji and A. Aszódi (2016). Uncertainty analysis and flow measurements in an experimental mock-up of a molten salt reactor concept. *Kerntechnik*: Vol. 81, No. 4, pp. 452-464.
- [10] <https://www.energy.gov/articles/energy-department-announces-new-investments-advanced-nuclear-power-reactors-help-meet>

TÓSZEGI ZSUZSANNA

Irinyi János, a tudós vegyész és feltaláló

Kétszáz éve, 1817. május 18-án született a Bihar megyei *Albison Irinyi János*, akinek a nevére a ma emberének többnyire a gyufa jut eszébe. Az élete delelőjén túljutva, maga a feltaláló nem értékelte túl sokra a foszforos dörzsgyufa tökéletesítése kapcsán diákkorában hirtelen kipattant ötletét, amelyre annak idején nem kért osztrák szabadalmat. „Igaz ugyan, hogy találmányom mellett, kaiserlich königlich ausschliesslich Privilegiummal, kis millionerré lehettem volna, de inkább megnyugt engem az öntudat: hogy czélszerűt, közhasznút előállítani képes voltam...”[1]

A külföldi egyetemi tanulmányai után hazatérő ifjú kémikus Pesten 1839 decemberében alapított gyúszergyárat, amelynek működtetésével négy évvel később felhagyott. A vállalkozás az ő számára nem sikert, hanem rengeteg csalódást és anyagi ellehetetlenülést hozott.

Irinyi a maga korában jelentős tudományos munkásságot fejtett ki: első művével 1838-ban jelentkezett. Az ezt követő közel egy évtizedben több jelentős kémiai tárgyú értekezés jelent meg tollából, és ugyancsak ezekben az években számos cikkben tudósította a hazai közvéleményt a német, illetve francia ipari és mezőgazdasági újdonságokról.

Életében döntő fordulatot hozott az 1848-as forradalom. Ahogy Irinyi már idézett levelében írta: „1848-ban a szellemi világosság nagyobb vonzerővel bírván, a gyufa gyufának maradt...” Öt évvel fiatalabb testvére, *Irinyi József* a márciusi ifjak 12 pontjával örökre beírta nevét a magyar történelembe –, de többen állítják, hogy a híres kiáltvány első változatát János fogalmazta meg. [2]

A szabadságharc kitörésekor Irinyi János elfogadta *Kossuth Lajos* felkérését „az álladalmi vegygyárak igazgatói” pozíciójára. Az *Országos Honvédelmi Bi-*

zottság döntése alapján *Nagyváradon* létesült az országos fegyvergyár. Irinyi feladata a lőszergyártás és -ellátás megszervezése volt, illetve gondoskodnia kellett a lőporgyártáshoz szükséges salétrom előállításáról. Irinyi hatalmas lelkesedéssel vetette bele magát a magyar szabadságharc folyó küzdelembe, amelynek szolgálatába állította kiváló szakértelmét. A szabadságharcban kifejtett tevékenységé-



Irinyi János arcképe (Magyar Digitális Képkönyvtár)

ért 1850-ben több évre elítélték. A hírhedt pesti Neugebäudeban azonban csak rövid ideig kellett raboskodnia, mert amnesztia-ban részesült. [3]

A szabadságharc leverése után viszonylag keveset tudni Irinyi további sorsáról. Mint az idézett visszaemlékezésében írta, a börtönből „egyenesen hazajöttem ide ősi fészkeembe Vértésre, hol azóta

távol a világ zajától exercirozom az apai szántókat.” Saját birtokán számos kísérletet végzett a talaj termőképességének javítása érdekében, vetőgépet és más mezőgazdasági eszközöket tervezett. Próbálkozásai jelentős anyagi veszteséggel zárultak, ezért később állást kellett vállalnia: dolgozott számvevőként a debreceni *István gőzmalomban*, majd néhány évig árszolgabíróként Bihar megyében, utóbb számtanácsosként a *Tisza Biztosító Társaságnál*. 75 éves korában vonult nyugdíjba; ekkor visszaköltözött Vértésre, ahol három évvel később, 1895. december 17-én egyetlen fiának, Lajosnak a karjai között hunyt el. [4]

Születésének bicentenáriumán megemlékezünk Irinyi Jánosról, a nemzeti műveltség gyarapításáért és a szabadságharc ügyéért küzdő, nagy tudású kémikusról, a tehetséges feltalálóról, a harcos nyelvújítóról, aki munkásságával és élete példájával egyaránt beírta nevét a magyar tudománytörténet halhatatlanjai közé.

A Természettudományi Társulat megalakulása

Magyarország történelmének egyik legfényesebb időszaka a polgári átalakulásért és a gazdasági felzárkózásért vívott küzdelem jegyében zajló reformkor, melynek során alapvető fontosságú intézmények és szervezetek jöttek létre, mint például a *nemzeti könyvtár és múzeum*, a *Nemzeti Színház*, a *Magyar Tudós Társaság*, az *Iparegyesület*, a *Pesti Orvosegyesület* – és még hosszan folytathatnánk a sort.

A XIX. század első évtizedeiben a Tudós Társaság (a későbbi *Magyar Tudományos Akadémia*) a természettudományok mélyreható művelésére még nem vállalkozhatott – hiszen tagjai között az 1840-es években is csak egyetlen „igazi természettudós” volt. [5] Ebben az idő-

A bécsi politechnikum és a berlini egyetem volt növendékének aláírása

ben azonban már mind többen és többen értesültek a külföldi új kísérletekről, eredményekről, miáltal fokozatosan erősödött a hazai természettudományos műveltség gyarapítása iránti igény.

A korszakos hívó szót sokan meghallották, köztük *Bugát Pál* orvosprofesszor, aki úgy érezte, eljött az idő arra, hogy a természettudományok iránt megmutatkozó érdeklődést szervezeti keretek közé tereljék. Jó alkalomnak ígérkezett erre az orvosok és természetvizsgálók 1841. május 29-én, Pesten tartott első vándorgyűlése. Bugát az üléseket megelőző estélyen az „élőszóval történt indokolt felhívás mellett” a következő szövegű árkus papirost adta közre: „Aláírási ív a magyar természettudományi Társulatra. Alolírtak a természeti tudományokat művelni, s azok jótékonyágát a hazában terjeszteni akarva Résztársaságba állunk, s becsületünkkel kötelezzük magunkat az Alapszabályok értelmében közredolgozni. Költ Pesten Tavasztól 28^{dik} 1841.” A *Természettudományi Társulat* néven, 134 alapító taggal létrejött szervezet tagja és első krónikása, *Káta Gábor* „orvostudor” lelkesült tudósítása szerint: „A magasztos eszme [...] az] egyesülés vágyától duzzadtot keblekben [...] egyszerre gyujt lángot, [...] a társulat egy rövidke óra alatt megalakult.” [6]

Sokakkal együtt *Kossuth Lajos* is örömmel üdvözölte a társulat létrehozatalát: „Minden mozzanatok közt, melyek egy Nemzet szellemi felemelkedésére s közművelődésére közre hathatnak, a természettudományok művelése az, a mely korunkban a mint legnélkülönözhetlenebb, s a létért küzdés nagy versenytéren az önfeltartásra leghatályosabb: úgy maradandó következtéseiben a társadalomra legáldásosabb is.” [7]

A társaság ars poeticának is beillő feladatvállalása: „Hazánkat természettudományilag megösmerni; annak számta-

lan még rejtve lévő kincseit felfedezni; azokra honosainkat s a külföldet figyelmeztetni, s így a nemzeti iparnak új mezőket tárni fel; a külföldön már deklé pontjokra eljutott természettudományokat honunkba átültetni; s azokat a tanodák szűk falai közül az élet tág mezejére átvinni...” [8]

Irinyi János a Természettudományi Társulat alapítói között

Azon az ünnepélyes estén az elsők közt írta alá a tagsági ívet egy 24 éves fiatalember, *Irinyi János* pesti gyúszergyártulajdonos, aki 1839-ben, többéves külföldi tanulás után, mint az ország egyik legképzettebb kémikusa tért vissza hazájába. Tudós körökben a neve ekkor már nem volt ismeretlen: 1838-ban Berlinben jelent meg egy figyelemre méltó munkája „Über die Theorie der Chemie in Allgemeinen und der Schwefelsäure insbesondere” címen. A főként savelmélettel foglalkozó mű a német kémikusok körében nagy feltűnést keltett, mert Irinyi fejtegetései részben *Lavoisier* korszerű szemléletét támasztották alá, de részben túl is haladtak rajta. Irinyi azzal a bátor megállapítással állt elő, hogy – *Lavoisier* állításával ellentétben – az oxigén nem tekintendő sav princípiumnak, ugyanis vannak olyan savak, amelyek nem tartalmaznak oxigént.

Az *Athenaeum* 1839-ben közölte „A konyári tó” című dolgozatát a szikes talajok feljavításának lehetőségéről. Irinyi egyrészt a gipszet, másrészt a kalciumnitrátot javasolta a szódás szikesek talajjavítására. A szakemberek azóta megállapították, hogy e módszerek – messze megelőzve korát – Irinyi fedezte föl elsőként a világon, de sajnálatos módon a különleges éleslátásról tanúskodó felfedezés visszhangtalan maradt. [9]

A Magyar Tudós Társaság által kiadott *Tudománytárban* szinte egymást követték a tanulmányai: 1839-ben jelent meg „A vegytani rokonság”; 1840-ben két részben jött le „A vegyaránytan”, majd ezt követte „A vegyrendszeréről” című értekezése. A vegytani rokonság a kémiai affinitásról szól. A testek egymásra hatását leíró, a vegyaránytannal foglalkozó dolgozata elsősorú elméleti tudásáról és szakirodalmi ismereteiről tanúskodik. A vegyrendszeréről szóló munkájában ezt írja: „Most tehát oxigen lépett a’ vegy trónra” – vagyis a korábbi flogiszton-elmélet helyére lépő, *Lavoisier*-féle égéseméletet népszerűsíti. [10]

Az akkori napilapok olvasói a hírdetések között is találkozhattak Irinyi nevével, hiszen egy hasznos és újszerű termék gyártására adta a fejét 1839 decemberében, amikor gyúszergyárat alapított Pesten. Az 1836-ban, a bécsi Polytechnikumon folytatott tanulmányai alatt általa kitalált robbanásmentes foszforos gyufát kezdte el gyártani a terézvárosi *Nyár utca* 234. szám alatt. A honi viszonyokban tapasztalatlan fiatalember nem kért engedélyt a gyár működtetéséhez – hamar meg is rótták ezért, és amint egy saját kezűleg írt folyamodványából kiderül, 1840 áprilisában betiltatták a gyár működését.

A betiltásról értesülve Irinyi engedélyt kért a gyár fennmaradására, és azt „minden netalán történendő háborgatások ellen védeni kéri”. Az általa folytatott tevékenységet így írja le: „Oly gyujtófácskák készítését illető találmányomat, melyek fellobbanásukkor nem zajonganak s kén nélkül is készíthetők, mi által semmi szagot nem csinálnak”. A gyár ekkor már 30–40 embernek adott kenyeret, és „2 hét múlva nálam naponként 5–600.000 gyufák készülhetvén 50–60 embernek télen nyáron munkát adhatok.” A kérvényen ez a szignó olvasható: „Irinyi János, a bécsi polytechnikum s a berlini egyetem volt növendéke” – a többi folyamodványt már *gyúszergyártulajdonosként* írta alá. [11]

Álljunk meg itt egy percre, és adózunk tisztelettel a nyelvújító Irinyinek. Jelenlegi tudásunk szerint a gyufa, mint az egyik sikeresen fennmaradt nyelvújítási szó a *Közhasznú Honi Vezér* 1841-re szóló kalendáriumában jelent meg először nyomtatásban. A gyujtófácskák kifejezésből képzett *gyufa* szó megalkotását többen nem Irinyinek tulajdonítják – annak ellenére, hogy *Szily Kálmán* „A magyar nyelvújítás szótára”-ban ezt közölte. Irinyinek a levéltárban őrzött folyamodványa egyértelművé teszi, hogy 1840-ben ő írta le először a máig használatos gyufa

szót. A kémiához kapcsolódó, Irinyi által alkotott szavak közül máig használatos a fém, az oldat és a huzal.

Korabeli források Irinyi társulati szerepvállalásáról

Irinyi János nagy ügybuzgalommal vetette bele magát a frissen alakult Természettudományi Társulat tevékenységébe. Az 1841. június 13-án tartott alakuló közgyűlésen a vegytani, illetve a természettani osztályba jelentkezett, és akkor a társaság választmányi tagságával is megtisztelték.



Búza Barna szobra Irinyiről Budapest XI. kerületében
(A szerző felvételei)

A vezetőség nagyon komolyan vette feladatát: ülést ülés után tartottak. Az 1841 nyarától 1848 végéig terjedő időszakban közel 300 alkalommal gyűltek össze kisgyűlésre, szakülésre, közgyűlésre. Valamennyi összefüggésről jegyzőkönyv készült, amelyben följegyezték a megjelenteket, a megtárgyalt témákat és az ezekkel kapcsolatos testületi határozatokat, véleményeket.

A Társulat úgy döntött, *István főherceget, József nádor* fiát kéri föl patrónusnak. 1841. június 21-én határozatba foglalták, hogy egy küldöttség – melynek Irinyi is tagja volt – ismertesse a társaság megalakulását és terveit, és kérje pártfogását. [12] A magyarbarátságáról és természetszeretéről ismert István főherceg – a későbbi nádor – kedvező válasza alapján 1843-tól a szervezet *Királyi Magyar Természettudományi Társulat* néven folytathatta tevékenységét.

Irinyi első, személyre szóló megbízatását 1841. október 12-én kapta. Mandátuma arról szólt, hogy tárja föl az ugyanakkor frissen megalakult *Iperegylet* együttműködési hajlandóságát a Társulattal. Irinyi a november 9-én tartott gyűlésen jelentette, hogy eljárt az ügyben: az *Iperegylet* választmányát az „egyezkedésre hajlandónak találta”, ezért indítványozta, hogy a két társaság egyesüljön, és vizsgálják meg, „millyen feltételek alatt lehetne a lakot, tanoda termeket, a műhelyek s gyűjtemények használatát közössé tenni”. A jelenlévők azonban nem értettek egyet a javaslatokkal, és így határoztak: „A társulat minden illy lépést még idő előttinek ítélvén, az illyenemű egyezkedést később időre halasztani határozá, s ennél fogva a választmány kiküldetését megtagadja”. [13]

Az 1842-es év szép reményekkel kecsegtette a 25 éves ifjú vegykémet, aki több társulati ülésen, például április 13-án is felszólalt. Az eseményről így szól a jegyzőkönyvi bejegyzés: „Irinyi értekezést olvas föl a vegyelemek magyar neveiről, melyly egyszerűsággal magyar-latin műszótára azon elemeknek. Ezen elnevezések bírálat alá nem vétettek.” Az *Orvosi Társulat* 1942 áprilisában publikált, a „Vegyelemek magyar neveiről” szóló értekezésének bevezető gondolatai: „Értelmiségen alapul a status [állam] ereje, s a nemzetek boldogságának intelligencia a kútfeje. [...] És hogy a tudományok közönségek legyenek *meny-nyiségre s különösek minőségre* nézve, hogy mennél nagyobb szám tehesse saját-jává, és közüle mennél több egyén tüntet-

hesse ki magát a honban, ez minden jó hazafi forró kívánsága; mert [...] a nemzetek intelligentiáját még azon egy két kitűnő egyén nem jelöli ki; az értelmiségnek, a tudományosságnak a nép vérébe kell átmennie, és csak akkor áraszthatnak boldogságot a nép minden ereibe. És ahoz, hogy ez tény lehessen, megkívánatik, hogy a tudományok népszerűkké tétessenek; [...] ezért a műszavak népszerűsítése a cél elérésével olly szoros viszonyban áll, hogy ennek elérése a nélkül lehetlen. [...] a természettudományi társulat nem teheté okszerű, s czélszerűbbet, mint midőn szakjainak legelől is a műszavak magyarosítását tévé feladatul.” [14] A felolvasás idején, 1842-ben a magyar nyelv ugyan már az egyik államnyelv volt (vö. 1836. évi III. tc.), de kizárólagos hivatalos nyelvvé csak az 1844. évi II. tc. hatályba lépése után vált.

Több napilap is hírt adott a Társulathoz a budai hegyekre tett kirándulásáról 1842 májusában. A 80–90 főből álló társaság – köztük Irinyivel – „vidámság ’s kedvverítő elménczéséggel fűszerezett ebédet tartott” a *Szép juhász* csárdában. [15]

Október 15-én Irinyi „a hagymádfalvi asphalton példányait mutatja be, melyek a társulat gyűjteményében maradandók”.

A *Jedlik Anyos* által elnökölt természettani szak – amely Irinyit választotta állandó jegyzőjévé – az 1842. november 29-i ülésén fontos elhatározásra jutott. A Társulat anyagi helyzetére utalva megállapították, hogy a természettani és a vegytani szak „mivel mindkettő kiválóan kísérleti tudomány, a szükséges gyűjtemények és készülétek hiányában igen igen lassú előmenetelt fognak tenni”, ezért a tagok saját erejükből fognak bemutatókat, kísérleteket tartani, hogy „ezen szakban a mutatóanyagok ne hiányozzanak”. Jedlik, a tudományegyetem professzora följajánlotta, hogy „a Deguerreotyp eszképet magokban rejtő Moser-féle lappangó fényképeket fogja előmutatni”. [16] A felajánlás jelentőségét annak ismeretében lehet megítélni, hogy abban az időben alig néhány ember láthatott dagerrotípiát, mert az első két ilyen felvételt a Magyar Tudós Társaság 11. nagygyűlése alkalmából, 1840. augusztus 29-én mutatták be; ezen az ülésen viszont csak az akadémiai tagok vehettek részt. [17]

A vegytani szak három nappal később tartott ülésén korszakos jelentőségű felajánlások születtek. Jegyzőkönyvben rögzítették, hogy „A teendőkre nézve a szak a nemzeti jóllétet előmozdító munkásság kifejtését tartja különösen szeme előtt”. Itt határozták el, hogy „folytatja a szak a vegytani műszavak már elkezdett kidolgozását nyelvünkön, s minél előbb egy

népszerű s könnyen érthető vegytani kézikönyvet igyekezend kiadni”. A vegytani szakterületeket felosztották egymás között: „Boór a vegytan gyógyszerészeti részét, Irinyi az elméleti vegytant különös tekintettel a technikára, Nendtvich a gyakorlati vegytan elemző részét” vállalta megírni. A németül kiválóan tudó Irinyi emellett még azt is följajánlotta, hogy „ő a vegytan jelen haladásáról az idegen lapokban koronként előforduló tudósításokat figyelemmel kísérendi s azokról a szaküléseket értesíteni”. [18]

1842 júliusában és augusztusában két fordítása jelent meg az Athenaeumban: „A vegytan, mint vezércsillag a történettudományban” és „A fényirat haladása”. Tévedésből ezt a két cikket Irinyi saját művének tulajdonítják – annak ellenére, hogy mindkettő végén ott áll zárójelben: (Allg. Ztg.) [19]

Az 1842. december 29-én tartott vegytani szakülésen a szakosztály számára külföldi folyóiratokat rendeltek, és javasolták a francia akadémia közlönyének megrendelését „a német pólyából kivetkőzés tekintetéből a német literatura felsőségének ellensúlyául”. [20] A következő év januárjában tartott XXXVIII. gyűlésen „Irinyi átdatja Nendtvich úr mirenykémletről szóló értekezését igen szóval az évkönyv számára – melynek a levéltárban hely jelletik”. [21]

Az első javaslat után két évvel az „iparegyesületi összekapcsolódás” ügye újra napirendre került: a Természettudományi Társulat az 1843. évi XLI. közgyűlését e témának szentelte. Irinyi megújított indítványát [22] tárgyalta arról, „miszerint a természettudományi társulat, az ipar egyesülettel közös szállást fogadna fel”, s azt közösen működtetnék. A Társulat elnöke azonban úgy vélte: „míg elegendő fontos okok arra nem birandják a társulatot”, addig nem hagyja el a nemrégen „felvett saját kényelmes szállását”. Az elnök javaslatával többen egyetértettek, „Mire nézve határozattá lön, jelenleg az ipartestülettel nem egyesülni s a felől



Horvay János alkotása Irinyi egyik gyufagyára helyén, Budapesten

az illető egyesületet tudósítani”. Az ezután történekről a jegyzőkönyv szűkszavúan tudósít, de ebből is kitetszik, Irinyi mennyire nem értett egyet a testületi döntéssel. A jegyzőkönyvben olyan mondatokat olvashatni, amelyek alapján feltételezhetjük, hogy ez a vita Irinyi János egész további pályafutására hatással volt. „A főnebb előadott tárgy vitatási folyamában Irinyi úr némi sértő, a társulat méltóságával ellenes kifejezésekkel élt vala, mi által a tagok sértve érzék magokat, jelesül Nendtvich úr óvást tett. – Maga az elnök is az ilyen nem művelt férfiak közé tartozó kellemetlenségek máskori kitorhetésének magakadályoztatását sürgeté [...] Irinyi úrnak ez uttali nyers és szigorú feddést érdemlő tette jegyzőkönyvileg följegyeztetni határozottat”. [23]

Korábbi szokásaival ellentétben, a megrovását követő társulati ülésekre Irinyi nem ment el, miközben az Iparegyesület választmányának összejövetelein aktívan részt vett. A Társulat 1843. június 10-i nagygyűlésén már nem választották be a vezetőségbe.

A fennmaradt jegyzőkönyvek tanúsága szerint utoljára 1843. december 12-én szerepelt a Társulat valamely ülésén, amikor ezt jegyezték fel róla: „Irinyi a kénsavnak angol mód szerinti előállításáról értekezett, s értekezését a társulat színe előtt tett gyakorlati próbatétekkel kísérte”. Ezt követően 1844 első heteiben három ülésen még megjelent, de az év tavaszától kezdve már nem vett részt a Társulat munkájában.

Legközelebb majdnem félszáz év múltán, az ötvenéves jubileum alkalmával jelent meg társulati ülésen. Az 1892. január 17-én, méltó keretek között megtartott díszgyűlésre meghívták a még életben lévő alapító tagokat: „ama 134 tag közül, kik 1841-ben a társulat bölcsőjét ringatták, ma már csak négyen vannak életben; közülük Debreczenből az öreg Irinyi János, a gyufa tulajdonképi feltalálója, egyedül jelent meg, s meleg óvácziókban részesült”. [24]

Irinyi az Iparegylet igazgató-választmányában

A Kossuth által 1841-ben alapított Iparegylet munkájába Irinyi szintén nagy energiával kapcsolódott be: részt vett az igazgató-választmány munkájában, közreműködött az 1842. évi első iparműkiállítás megszervezésében, amelyen a kiállított gyógyszerügyi termékeiért dicséret oklevelet kapott.

Pontos adat ugyan nem került elő arról, Irinyi személy szerint mekkora részt vállalt az Iparegyesület által az 1843/44. évi országgyűlésre beterjesztett törvényjavaslatban, de jó okunk van feltételezni, hogy ő, aki már egyetemi éve alatt szembesült a magyar találmányok törvényi oltalmának kérdésével, ebbe a munkába is tevőlegesen bekapcsolódott. A nyelvújítás jegyében óványtörvénynek nevezett előterjesztést nem fogadták el. [25]

Az Iparegyletben Irinyi 1844-ben két testhezálló feladatot is kapott. A február 16-án tartott ülésen terjesztették elő *Ernst Frigyes* budai esztergályos kérelmét, amelyben „gyárszabadság megszerzése” érdekében kért a testülettől egyrészt egy támogató bizonyítványt, másrészt, hogy „nevezessék ki a választmány kebeléből egy bizottmány, mely meg szemlélvén az ő üzlet-telepét, adna annak állapotáról, munka-ágairól s készítményeiről bizonyítványt”. A választmány méltányolta a kérelmet: „Farkas Ferenc, Irinyi János és dr. Vállas Antal urak megkértek, hogy bizonyítványilag megvizsgálván folyamodónak üzletét, arról véleményyt tegyenek”.

Egy másik napirendi pontban „olvasott Bruck Móricnak, Zala-lövői lakosnak levele, melyben egy általa feltalált szappan-compositiot megvizsgáltatni” kérelmezte. A választmány Irinyi mellett Nendtvich Károlyt és Wagner Dánielt kérte föl, hogy „szoros titok-tartás feltétele mellett akarják a találmányt megvizsgálni”, majd véleményezzék arról, hogy „ha a találmány céljának megfelel, s forgalmi tekintetben is jövővel ígérkezik, abbéli jelessége és fontosságához képest, vajlon érdemes e feltalálója az egyesület kiállítás díjainak valamelyikével megtiszteltetni”.

Ez a feladat Irinyi életútjának kutatása szempontjából alapvető fontosságúnak bizonyult, mivel innen tudjuk, hogy a gyára működtetésére *Schönwald Hermann* kötött társasági szerződés lejártá után, 1844 tavaszán elköltözött Pestről. A május 3-ai ülésen az iparegyesület jegyzője bejelentette, hogy a „Bruck Móric szappan-találmányának megvizsgálása végett” felkért bizottmányba „Irinyi János úr eltávoztával” Mannó Alajost jelölték.

Az Iparegyesület jegyzőkönyveiben 1844-ben még egyszer találkozunk Irinyi névvel. Október 25-én Kossuth Lajos, az egyesület aligazgatója javasolta „a phisico-chemiai szakosztálynak megalakítását” 9 helybeli és 9 vidéki taggal, mert „birunk oly férfiakkal”, akik megérdemlik, hogy az iparegyesület „legmagasabb kitüntetésében részesíttessenek”. A választmány jóváhagyta a javaslatot, és a vidéken lakók névsorába Irinyi nevét is fölvetették. [26]

A mennyei tudomány, a vegytan

Irinyi három kötetre tervezte „A vegytan elemei” című munkáját; azonban csak az első rész készült el és jelent meg Nagyváradon, 1847-ben. A másik két kötet megírása vélhetően a szabadságharc következtében maradhatott el az ottani, egész embert kívánó feladatai, majd az őt is elérő megtorlás miatt. Más fontos oka is lehetett azonban annak, hogy nem folytatta a megkezdett munkát. A szabadságharc bukása utáni erőszakos németesítés következtében a német lett a köz- és felsőoktatás nyelve. A vegytan elemei első kötetében a Természettudományi Társulatban elkezdett nyelvújítási munkát folytatva, a szerző magyarul adta meg az elemek neveit. Miután Irinyi teljes szívvel-lélekkel vett részt a kémiai szaknyelv magyarosításában, a tankönyvnek szánt mű megírását feltehetően nem akarta német nyelven folytatni.

A Pesti Hírlap hasábjain Irinyi tollából „előfizetési felszólítás” jelent meg a

sajtó alatt lévő első füzetéről. Ez az írás messze több a könyv beharangozójánál: szenvedélyes vallomás a szerző céljairól, a kémiáról, a vágyott olvasókról. „Nem a könyvbeli nézeteimet akarom én ajánlani, hanem magát a’ vegytant. [...] – És már a szántásnak is oka nem a’ chemiában van-e? [...] Engem ki nem elégittek, ha az egész kiadást megveszitek is, [...] nekem olly olvasó kell, ki szenvedélyesen ragadja meg e’ mennyei tudományt, és igyekezzék azt hazánk’ java’ előmozdítására felhasználni.

Hiába urak, Magyarország korunkban másként már nagy nem lehet, csak chemia és mechanica által. Chemia tehát és mechanica minden honfi’ figyelmét igényli. – És mennyi kincseink vannak, melyekre azokat alkalmazva a’ hont virágzásba hozhatjátok! [...] igyekeztem élénk szinnel festeni a’ tárgyakat, hogy azokban is felizgassam ez olvasási vágyat, kik komolynak tartván, elmellőzik e’ gyönyörű tudományt, hogy ők is kedvet nyerjenek a’ vegytanhoz.”

Majd így fejezi be könyvismertetőjét: „Én ha tudom, hogy találkoztak, kikben erős gyökeret vert elszórt magom, megleszek jutalmazva is, mert honom iránti adómat tehetségemhez arány- és körülményeimhez képest lefizetém. Majd mások több szerencsével, kényelmesebb s háládatosb körülmények közt, többre vihetik.” [27]

A Természettudományi Társulat választmányi jegyzőkönyvének felidézésével köszönünk el Irinyi Jánostól: Szily Kálmán „elnök mély megilletődéssel jelenti, hogy ama férfiak sorából, a Kik Társulatunkat megalakították, immár senki sincs életben, mert az utolsó élő alakító tag, Irinyi János chemikus, 1895. évi december 17-én Vértessen elhunyt [...] A választmány [...] Irinyi Jánosnak elhunytá fölött érzett fájdalomának jegyzőkönyvi kifejezést ad”. [28]

Irodalom

- [1] A gyufa feltalálója. Irinyi János levele. In: Függelenség, 1880. augusztus 29. 239. szám
- [2] peremartoni Nagy Lajos: Irinyi János. In: Debreceni Szemle, 1933. 150. o.
- [3] Szakács Margit: Irinyi János élete és munkássága. In: Folia Archaeologica, vol. 14. 1963. 191-213. o.
- [4] Vasárnapi Újság, 1895. 51. szám, 852. o.
- [5] Gombocz Endre: A Királyi Magyar Természettudományi Társulat története 1841-1941. Budapest : KMTT, 1941. 12. o.
- [6] Káta Gábor: A Királyi Magyar Természettudományi Társulat története alapításától fogva máig. Pest : Bucsánszky, 1868. 1. o.

- [7] Wartha Vince: Kossuth Lajos. In: Természettudományi Közlöny, 26. köt. 1894. 296. füzet. 170. o.
- [8] Káta Gábor i. m. 246. o. [Káta megalapítása szerint az oklevél 1844. október 11-én kelt.]
- [9] Szabolcs István: Irinyi János – a szikkutató. In: Agrártörténeti Szemle, 6. évf. 1964. 1-2. sz. 305-313. o.
- [10] A vegytani rokonság. In: Tudománytár, 1839. Értekezések 6. köt. 379-402. o. A vegyrendszerről. In: Tudománytár, 1840. Értekezések 8. kötet, 12. füzet, 323-343. o. A vegyarányt. In: Tudománytár, 1840. Értekezések 7. kötet, 2. füzet, 1. rész 27-36. o., 2. rész 71-89. o.
- [11] BFL IV. 1202h Rel. an 7735
- [12] Káta Gábor i. m. 5-6. o.
- [13] Részlet az 1841. november 9-ei ülés jegyzőkönyvéből. TIT irattár
- [14] Irinyi János: Vegyelemek magyar neveiről. In: Orvosi Tár, 3. folyam, 1. kötet, 1842. április 24. 257-268. o.
- [15] Pesti Hírlap, 1842. május 29. 147. szám, 378. o.
- [16] Káta Gábor i. m. 17. o.
- [17] A Magyar Tudós Társaság évkönyvei. 5. kötet 1838-1840. Első osztály. Buda, 1842. 73. o. A dagerrotípiákat Vallas Antal készítette – az esemény emlékére lett augusztus 29-e a Magyar Fotográfia Napja.
- [18] Káta Gábor i. m. 18. o.
- [19] A vegytan, mint vezércsillag a történet-tudományban. In: Athenaeum, 1842. július 21. Az eredeti cikk adatai: Die Chemie als Führerin in den Irrgängen der Weltgeschichte. In: Beilage zur Allgemeinen Zeitung No. 190. 1842. július 9. A fényírat haladása. In: Athenaeum, 1842. augusztus 23. az eredeti cikk adatai: Fortschritte der Photographie. In: Allgemeine Zeitung. Beilage zur Allgemeinen Zeitung No. 218. 1842. augusztus 6.
- [20] Káta Gábor i. m. 21. o.
- [21] Az 1843. január 17-i ülés jegyzőkönyve. TIT Irattár – az arzén Irinyiek által javasolt magyar neve a mireny
- [22] Szakács Margit idézett tanulmányában ismerteti az iparegyesület jegyzőkönyvi bejegyzését, amely Irinyi megbízatásáról szól.
- [23] Részlet az 1843. február 24-ei ülés jegyzőkönyvéből. TIT irattár. A jegyzőkönyv szövegét Káta Gábor is közli, i. m. 24. o.
- [24] Vasárnapi Újság, 1892. 4. szám, 67-68. o.
- [25] Az Iparegyesület véleménye egy alkotandó óvány-törvényről. In: Hetilap, 1845. június 27. 26. sz.
- [26] OSZK Kézirattár – Fol. Hung. 2182. Az Iparegyesület jegyzőkönyvei 1844. január – december. Részletek az 1844. február 16-ai, május 3-ai és október 25-ei jegyzőkönyvekből.
- [27] Irinyi János: Előfizetési felszólítás illy című munkára „A vegytan elemei”. In: Pesti Hírlap, 1846. március 21. 646. szám, 203. o.
- [28] Részlet az 1896. január 16-ai ülés jegyzőkönyvéből. TIT irattár

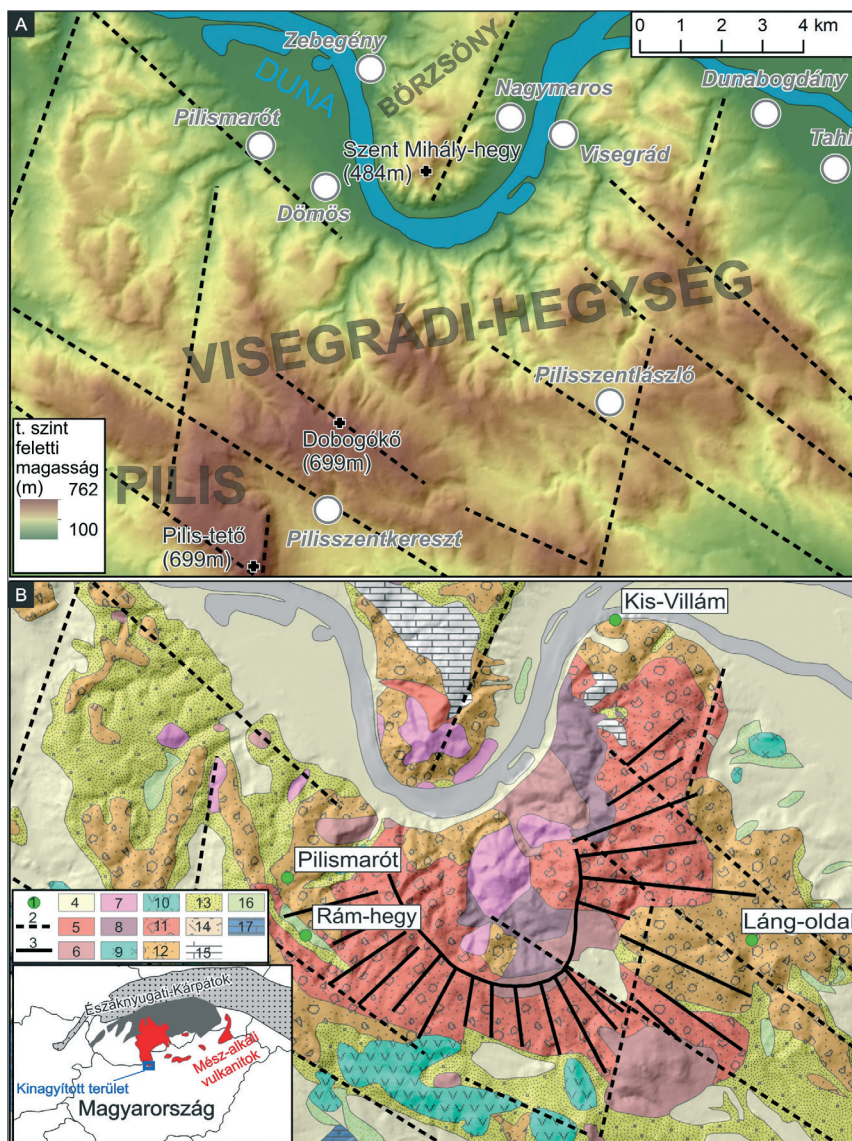
BIRÓ TAMÁS

Régi vulkán, új irányok

Hol volt a kitörési központ? – Irányadó kőzetek

A jelenleg is aktív vulkáni területek esetében általában nem kérdés, hogy hol helyezkednek el a kitörési központok, hiszen azok helyét egyértelműen jelzik a jellegzetes kúpszerű felszínformák. A több millió éve kialudt, azóta erőteljesen lepusztult, szerkezetileg átalakult tűzhányóroncsok ún. szin-eruptív – vagyis az aktív vulkáni szakaszban jellemző – geomorfológiája azonban a legtöbb esetben fogós kérdés. Az egykori kúpszerű alak a hosszantartó erózió és a szerkezetföldtani mozgások hatására legtöbbször eltűnik. Ha a jelenlegi domborzati viszonyok már semmit nem őriznek az egykori felszínformákból, azok rekonstruálásához csupán a megmaradt vulkáni kőzetek szolgálhatnak alapként. Egy erősen áttektonizált területen a kibillent rétegek dőlésiránya nagy eséllyel nem eredeti, nem az egykori kitörési központ irányába mutat. A felszínforma rekonstrukciójához tehát nem a rétegek dőlésviszonyai, hanem az azokban megőrződött folyásirányok vizsgálata ad lehetőséget. A fizikai vulkanológia több évtizede tanulmányozza a különböző vulkáni áruledékekbe „fagyott” folyási irányok kialakulásának módját és az áruledékek ún. irányított szövetének kapcsolatát a piroklaszt-ár mozgásának fizikai jellemzőivel. A több száz fokos vulkáni gázból és izzó vulkáni törmelékből álló piroklaszt-árak, vagy izzófelhők nagy sebességgel zúdulnak le a vulkánok lejtőin, így a társadalomra legveszélyesebb vulkáni jelenségek közé tartoznak. Direkt megfigyelésük sebességük és nagy hőmérsékletük miatt csak nagyon ritkán lehetséges. Éppen ezért vizsgálatuk egyik leggyakoribb módja a keletkező áruledékek irányítottságának vizsgálata, amely összefüggésben áll az ár mozgásának fizikai paramétereivel (sebesség, sűrűség, lerakódási intenzitás, szemcse nagyság, turbulencia mértéke). Az üledékekbe „fagyott” irányok emellett jelzik az egykori folyási irányt is, amely nagy lehetőséget jelent idős, lepusztult vulkáni területek vizsgálatában.

A Visegrádi-hegység a Kárpát-Pannon Régió egyik legerodáltabb vulkáni területe. Az eredeti vulkáni formakincséből szinte semmi nem őrződött meg, mindent felülírtak az elmúlt 15 millió évben végbement szerkezetföldtani mozgások és eróziós folyamatok. A hegység vulkán szerkezetéről csupán



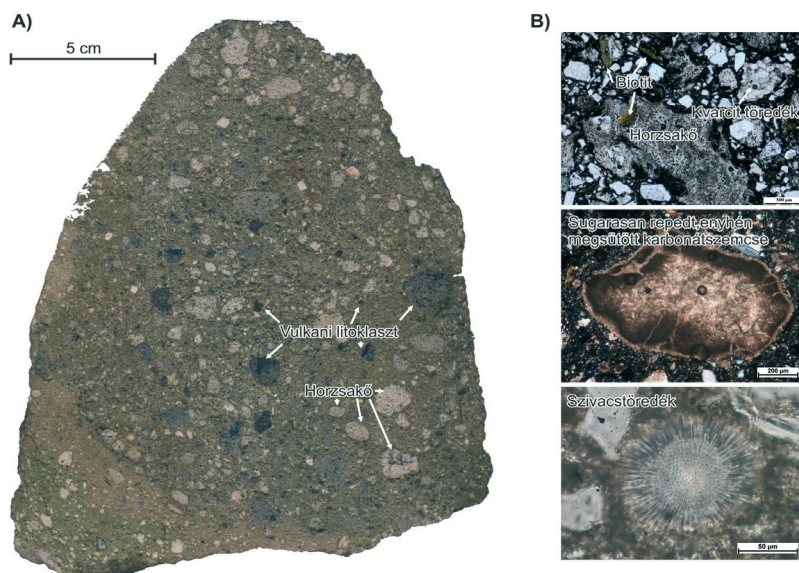
1. ábra. A Visegrádi-hegység domborzata (A) és vulkanológiai térképe (B). 1 – a Rámhegyi Tufás Homokkő vizsgált kibukkanásai; 2 – fő szerkezeti vonalak; 3 – eróziós kaldera és az egykori kúppalást maradványa; 4 – negyedidőszaki képződmények; 5 – amfibol andezit lávakőzet; 6 – bazaltandezit; 7 – piroxén amfibol andezit; 8 – biotit amfibol andezit; 9 – gránát-tartalmú piroxén dácit; 10 – gránát-tartalmú biotit dácit; 11 – piroxén-amfibolandezites blokk- és hamuár-üledék; 12 – változatos összetételű, részben horzsaköves törmelékár és alárendelten törmelékjavina- üledékek, illetve egyéb vulkanoklasztitok; 13 – horzsaköves andezites, dácitos epiklasztitok, részben víz alatti fáciesek; 14 – középső-miocén, ősmaradvány-tartalmú vulkanogén és üledékes képződmények; 15 – középső-miocén (lajta) mészkő; 16 – eocén, oligocén, részben alsó-miocén üledékes formációk (fekü összletek); 17 – triász és jura karbonátok

a ma felszínen lévő képződmények szolgáltatnak szegényes információt. A Visegrádi-hegység belsejében szubvulkáni testek bukkannak a felszínre, azaz a vulkáni terület központi régiója a gyökeréig lepusztult. Az egykor a csúcsrégióban lévő lávadómkokat tápláló felszín alatti magmacsatornák ma a felszínen vannak. Ezen testek alapján tehát felvázolhatók az egykori vulkányszerkezet alapvonásai, a fő kitorési központ hozzávetőleges helyzete. Ezen túlmenően a vulkáni terület peremén kibukkanó ártevédek számszerűsíthető információt hordoznak az egykori vulkanogén árk folyási irányairól, így a jellemző völgyhálózatról, azaz a 15 millió éves felszínformákról. Jelen írás a Visegrádi-hegységben több helyen kibukkanó *Rámhegyi Tufás Homokkő* (röviden RTH) meglehetősen színes történetével és folyási

lönülő regionális csoportot alkotnak az ún. AlCaPa mikrolemezen elhelyezkedő Visegrádi-hegység, Börzsöny, Cserhát, Mátra, Cserehát, Tokaj-Szalánci-hegység, valamint az ún. Közép-Szlovák Vulkáni Terület képződményei. Ezek a vulkánroncsok jellemzően ~18 és 10 millió év között zajlott, azaz középső-miocén korú tűzhányó-tevékenység maradványai a közép-magyarországi vonaltól északra elhelyezkedő mikrolemezen. A magmaképződést ez esetben két fontos geodinamikai folyamat idézte elő, amely mind időben, mind térben elvált egymástól. Egyfelől, a kőzetek geokémiai karaktere minden esetben ún. szubdukciós jelleget mutat. Az elsődleges olvadékok tehát a földköpeny olyan régiójából származtak, ami óceáni litoszféra alábukása következtében illókban gazdagodott, azaz metasomatizálódott. A metasomatizmus jó-

korlátozódott, ahol az egymástól elkülönülő, kisméretű kitorési centrumok gránátot tartalmazó dácitos olvadékot hoztak felszínre. Az első kitoréstermek sekélytengeri homokos, agyagos üledékes összletekre települtek. A vulkáni kőzetek alatt levő tengeri üledékek ősmaradvány-tartalma arra utal, hogy a víz mélysége 100–200 méter lehetett. A vulkanizmus kezdeti szakaszában ennek megfelelően meghatározó volt a magma és a tengervíz érintkezése. A tengervízzel keveredő kőzetolvadék ún. freatomagmás kitoréseket eredményezett, amelyek üledékei a Holdvilág- és a Salabasin-árokból tanulmányozhatók. Víz nélküli robbanásos vulkánkitoréseknél az olvadék szétszakadozását (fragmentálódását) a magmából kiváló gázok okozzák. Freatomagmás kitorések során a kőzetolvadék még hatékonyabban szakadozik szét, mert a hirtelen felforró víz gyors térfogat-növekedése plusz energiát ad. A freatomagmás jelleg két fontos ujjlenyomata az aljzattól feltépett kőzetdarabok, valamint az ún. akkréciós lapilli jelenléte a kitoréstermekben. Víz-magma interakció esetén a robbanások mélyen, jóval a felszín alatt zajlanak, így nagy mennyiségű törmelékot tépnek fel a vulkáni felépítmény alatti aljzattól. A Visegrádi-hegység esetén középidői karbonátokat és harmadidőszaki homokkő foszlányokat szakítottak fel a kezdeti heves kitorések. Akkréciós lapilli akkor alakul ki, amikor a kitorési felhőben nagy mennyiségű vízgőz van, ami képes a finomszemcsés port összetapasztani (akkréció). Ilyen esetben az egymáshoz tapadó részecskék gömbszerű, általában 1–2 cm átmérőjű konkréciókká állnak össze (lapilli). A freatomagmás kitorések mellett kis energiájú magmás robbanásos és kiömléses (lávaöntő) kitorések nyomai is megőrződtek a Visegrádi-hegység fejlődésének első időszakából. A felszínre kerülő viszkozus láva lávadómkokat, kerekded lávatesteket alakított ki a déli hegységperemen. A hegység déli részének kiemelkedései (pl. Peres-hegy, Lom-hegy, Tornios-hegy) jellemzően egykori lávadómkok lepusztult maradványaiból állnak. A tömör lávatestek sokkal jobban ellenálltak a 15 millió évig tartó erózióknak, mint a körülötte lerakódó laza szerkezetű piroklasztitok.

A vulkanizmus második szakaszában fontos változások történtek az olvadékok kémiai összetételét, a kitorések helyét és lefolyását tekintve. Ebben a fázisban a vulkáni működés túlnyomóan szárazulativá vált, a víz hatása fokozatosan mérséklődött, és az ún. Keserű-hegyi lávadómcsoport felépülését eredményezte. Jellemző andezites lávadóm-működését, így térfogatát és felszínformáját tekintve a tűz-



2. ábra. A Rámhegyi Tufás Homokkő összetétele. A horzszakövek, vulkáni kőzet- és ásványszemcsék mellett gyakoriak a sugarasán repedt, átsütött karbonátszemcsék és az ősmaradvány-töredékek

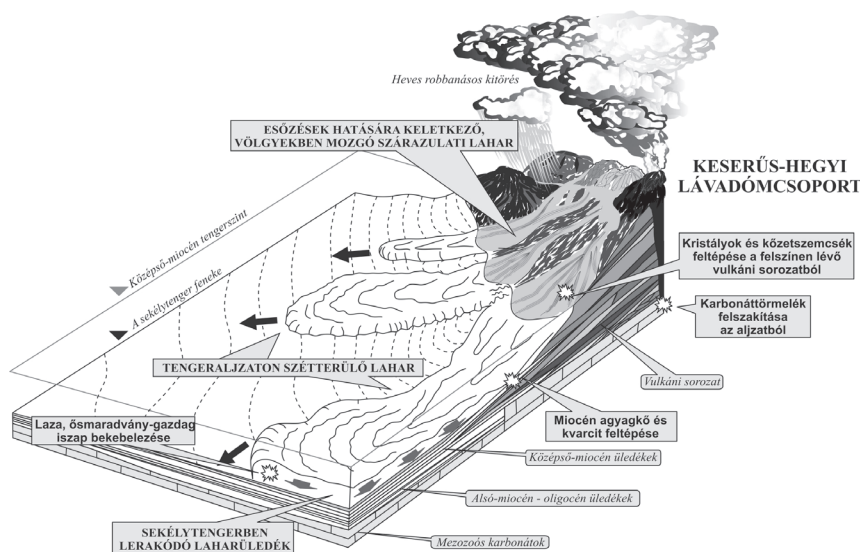
irányaival foglalkozik. A képződmény által rögzített folyási irányok egyrészt segítenek a vulkányszerkezeti rekonstrukcióban, másrészt a nemzetközi vulkanológiai számára is érdekes adatot jelentenek. Habár az elsődleges piroklaszt-árak irányított szövetét számos esetben vizsgálták, a másodlagos, vulkáni területek kialakuló ártevédek irányítottására vonatkozó adatok ritkák.

A Visegrádi-hegység vulkanizmusa – a Keserű-hegyi lávadómcsoport felépülése

A Kárpát-Pannon-térség számos vulkanológiai érdekességet rejtő tárház. A meglehetősen színes vulkanológiai palettán jól elkü-

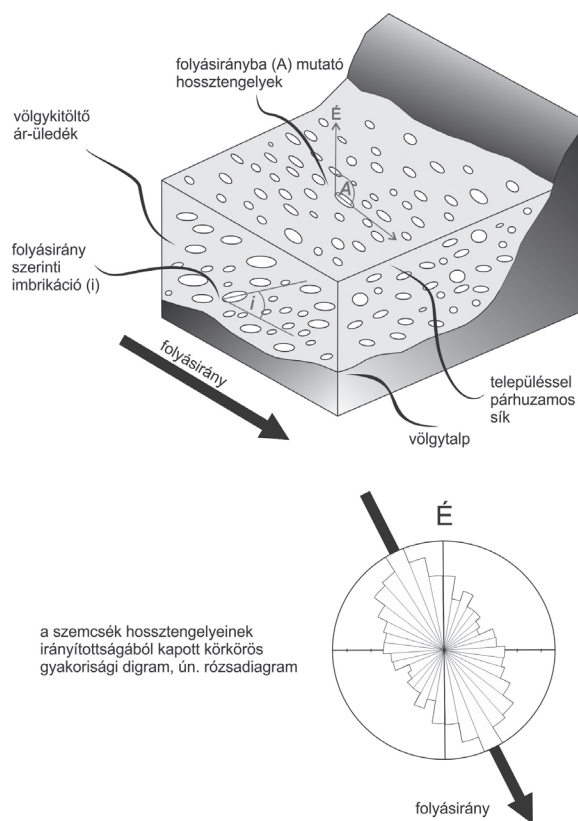
val a vulkáni működés kezdete előtt, vélhetően az egykori Budva-Pindos és/vagy a Vardar óceánágak szubdukciójához kapcsolódott. A vulkanizmusra azonban csupán a középső-miocénben nyílt lehetőség, amikor a formálódó Pannon-medence belsejében markáns függőleges törésvonal alakult ki a kéregben. Ezek a gyengeségi zónák tették lehetővé az olvadékok felszínre jutását. A vulkanizmus szerkezeti meghatározottságára utal a kitorési központok elszórt elhelyezkedése is.

A Visegrádi-hegység a csoport egyik legidősebb tagja, vulkanizmusa 16 millió évvel ezelőtt kezdődött és 13,5 millió évvel ezelőttig tartott (1. ábra). A vulkanizmus két fő fázisra tagolható a vulkáni tevékenység földrajzi helyzete és a kőzetek kémiai alapján. Az első fázis a hegység déli peremére



3. ábra. A Rámhegyi Tufás Homokkő kialakulásának lépései

hányó a jelenleg is aktív indonéziai Merapi, a japán Unzen, vagy a Kis-Antillák szigetcsoportban található Mont Pelée vulkán testvére volt. A lávadómcsoport összetett szerkezetű vulkán. A magmatározóból felfelé hatoló csatornák a felszín közelében elágaznak, így egyszerre több lávadómot táplálnak. A keserűs-hegyi vulkán változatos közei arra utalnak, hogy az egyes lávadómotat más és más összetételű olvadék táplálta. Lávadómcsoportok esetén a felszínre nyomuló viszkózus, lassan folyó magma kitüremkedéseket, lávadómotat hoz létre a vulkán csúcsán, vagy annak közelében. A fokozatosan hízó, kerekded dombok egy kritikus méret elérése után instabillá válnak és darabokra szakadva összeomlanak. Az izzó lávablokkok a vulkán oldalán lévő eróziós völgyekben zúdulnak le és a kúplábi területeken rakódnak le. Az így kialakult üledék a blokk- és hamuár-üledék. A blokk kifejezés a nagyméretű, esetenként akár több 10 méter átmérőjű lávadómot darabokra utal. A hamu a nagyobb blokkok között lévő finomszemcsés alapanyag, amely a blokkok kopásával, valamint a korábban képződött felszínen lévő finomszemcsés anyag felkeverésével kerül az izzó árba. A Keserűs-hegyi vulkán kúplábi területeit az elsődleges blokk- és hamuár-üledékek mellett ún. másodlagos vulkáni törmelék-árakból származó üledékek (ún. epiklasztitok) építik fel. A másodlagos törmelékmozgások, nem az olvadék felszínre kerüléséhez – azaz a vulkanizmushoz – hanem az erózióhoz kötődnek. A visegrádi-hegységi vulkanizmus ideje alatt szubtrópusi klíma uralkodott a formálódó Pannon-medencében. A meleg vízi sekélytengerből kiemelkedő vulkáni szigetek lejtőit gyakori, heves esőzések áztatták és kopatták. A vulkán csúcsán és lejtőin települt laza üledékekbe mély völgyek vágódtak, a



4. ábra. Az ár-üledékek jellegzetes irányított szövete és a szemcsék hosszszelvény-irányítottaságából kapott ún. rósadiagram

sáros törmelékfolyások óriási mennyiségű üledéket halmoztak fel a vulkán lábánál. A felszínen lévő laza település (konsolidálatlan) piroklasztitot megmozgató, eső okozta sárfolyásokat *laharoknak* nevezzük. A lahar indonéz szó, ma már vulkanológiai alapfogalom. Ez is jelzi, hogy a trópusi területeken

fekvő, eső áztatta indonéziai tűzhányók életében mennyire fontosak a másodlagos tömegmozgások is.

A Keserűs-hegyi lávadómcsoport növekedése a tűzhányó északi oldalának összeomlásával ért véget. A fokozatosan hízó lávadómcsoport oldala instabillá vált, ami hatalmas törmelékárvánát eredményezett. A tűzhányó északi oldala blokkos csuszamlással megmozdult. Ennek emlékét őrzik a mai Visegrádi-hegységtől északra, a Duna túlsó partján elhelyezkedő Szent Mihály-hegy oldalában kibukkanó, esetenként több 10 méter átmérőjű blokkok. Az összeomlás egy hatalmas, „U” alakú, északra néző ún. lópatkó kalderát alakított ki. Az így kialakult forma nagyon hasonló lehetett a Mount St. Helens jelenlegi morfológiájához, amelynek kialakulása egy 1980-ban bekövetkezett oldalirányú robbanás során ment végbe. A Visegrádi-hegység északi irányba nyitott, lópatkó alakú kalderája később az erózióknak köszönhetően tovább szélesedett. Az ún. eróziós kaldera nyomai még ma is megmutatkoznak a hegység domborzatában (1. ábra).

A Rámhegyi Tufás Homokkő története

A Keserűs-hegyi vulkán egykori kúplábi területein tehát számos laharüledék nyomai bukkannak felszínre. Ezek között különleges a több helyen tanulmányozható ún. Rámhegyi Tufás Homokkő (RTH). A hegység laharüledékeinek döntő hányada a lávadómcsoportból származó blokk- és hamuár-üledékek áthalmozott anyagából áll. Az RTH azonban főként horzskövet, valamint nagy mennyiségű nem-vulkáni kőzet és ásvány szemcsét, agyagkőfoszlányokat és ősmaradvány-töredékeket tartalmaz (2. ábra). A különleges összetétele arra utal, hogy a képződmény összetett és a hegység többi laharüledékétől eltérő vulkáni folyamatsor eredményeként keletkezett.

A horzskő robbanásos vulkánkitörések során jön létre. A jellegzetes, lyukacsos szerkezetű vulkáni anyag („habkő”, „tájtékkő”) a robbanásos kitörés során jelentkező extrém gyors nyomáscsökkenés és hűlés következménye. A kitörés közbeni nyomáscsökkenés csökkenti a magmában lévő gázok (főként

H₂O, CO₂) oldhatóságát, így azok gyorsan kioldódnak, buborékokat formálnak. Ugyanez a folyamat játszódik le egy szénsavas üdítő kibontásakor és felhabzásakor: a folyadékban oldott CO₂ oldhatósága nagymértékben és hirtelen csökken a kupak letekerése okozta nyomáscsökkenés hatására. A robbanásos kitörés során szimultán jelentkező kigázósodás és gyors hűlés a formálódó gázbuborékok „be-

te is. Figyelemre méltó azonban, hogy a horzszakövek között lévő finomszemcsés alapanyag (ún. mátrix) ásványszemcséi között a horzszakő töredékek ásványai mellett egyéb ásványok is megtalálhatók, ráadásul az egyes RTH-kibukkanásokban különbözik a mátrix ásványos összetétele.

Az RTH-ban gyakoriak a karbonát- és csillámpala-töredékek, valamint a metamorf

a felfelé áramló olvadék a felszín alatti vízzel keveredve nagy mélységben heves robbanásokat produkál, amelyek képesek feltépni a kürtőfal képződményeinek törmelékét.

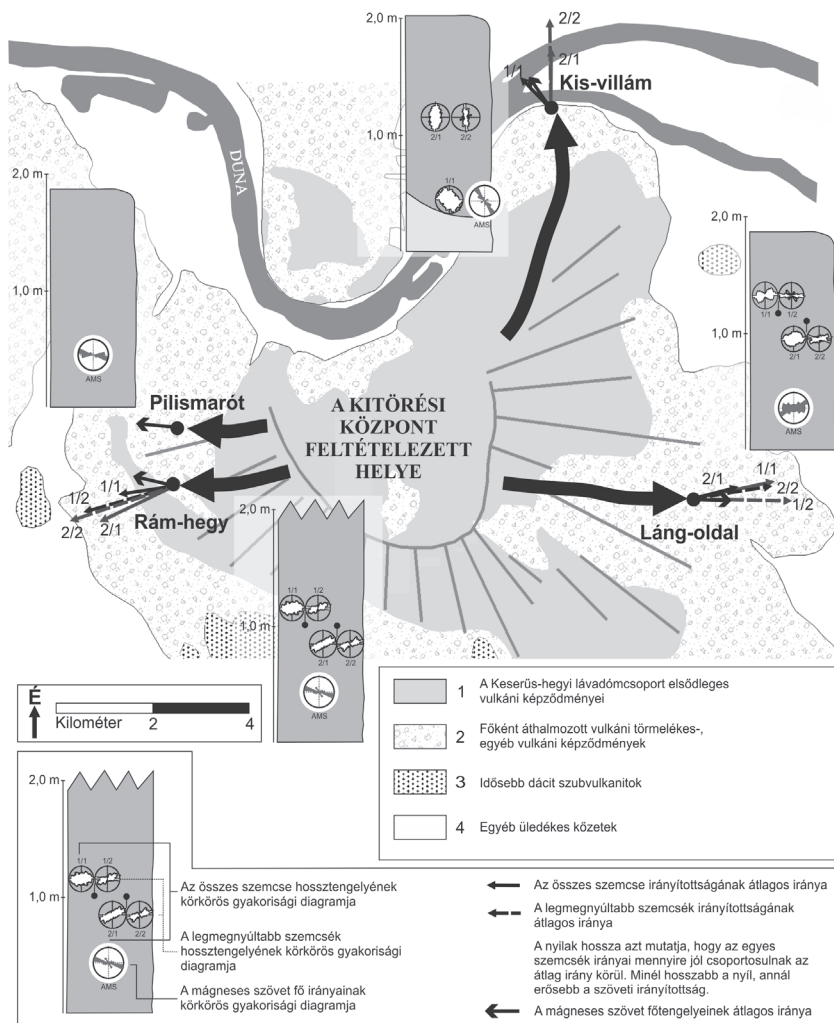
Az RTH-ban található agyagkőfoszlányok és ősmaradvány-töredékek azonban sohasem mutatnak hő hatására történt átalakulást. A hőhatás hiánya és az ősmaradványok hasonlósága a vulkanizmus szünetében a hegység területén lerakódott sekélytengeri képződmények ősmaradvány-tartalmával arra utal, hogy az agyagkő szemcsék és az ősmaradvány töredékek sekélytengeri környezetben keveredtek a horzszakövekhez és aljzattól feltépt szemcsékhez.

Az RTH összetétele alapján valószínű, hogy a képződmény egy sekélytengeri környezetben lerakódott laharüledék, amely anyagának legnagyobb része egyetlen sekélyfészktől, nagy energiájú robbanásos kitörésből származik. A heves esőzések hatására megindult lahar a vulkán egykori lejtőjén lecsatornázódva régebbi vulkán-kitörések anyagát is begyűjtötte. A sekélytengerbe érve üledékes agyagkő foszlányok és ősmaradványok adódtak a vulkáni keverékekhez (3. ábra).

Irányadó kőzetek – üledékekbe „fagyott” folyási irányok

A vulkáni és egyéb árüledékekben rögzült egykori szállítódási irányok meghatározása azon a jelenségen alapul, hogy az ár mozgása közben a megnyúlt szemcsék meghatározott, irányított helyzetbe kerülnek. Egyrészt a megnyúlt szemcsék hossz tengelyükkel a folyási irányba rendeződnek, másrészt, bizonyos esetekben a megnyúlt klaszterek eleje a folyási irányba felemelkedik. A szemcsék egy adott irányba rendeződését szöveti irányítottságnak, folyásirányba való felemelkedésüket imbrikációnak nevezzük. A lerakódást követően az árüledékben szintén ún. anizotróp, azaz irányfüggő szövet rögzül (4. ábra).

Az üledékben lévő megnyúlt szemcsék hossz tengelyének irányultsága tehát azonos az egykori folyási irányval. Egy lávadómcsoporthoz tartozó legfontosabb anyagáthelyeződések elsődleges vulkáni és másodlagos, erózióhoz kapcsolódó áraknak köszönhetők. A piroklaszt-árak és a laharok a lávadómcsoporthoz tartozó oldalába mélyülő, a kitörési központ körül sugárirányú mintázatot kirajzoló völgyekben zúdulnak le, majd pedig szétterülnek az enyhe lejtésű küplábi területeken. Az árüledékekből meghatározott szöveti irányok az egykori völgyhálózatot tükrözik vissza, így elegendő mennyiségű és a térben megfelelően szétszórt minta esetén lehetséges a kitörési központok számának és elhelyezkedésének megállapítása.



5. ábra. A Rámhegyi Tufás Homokkő sugárirányú folyási mintázata a Keserű-hegyi vulkán feltételezett kitörési központja körül

fagyását” okozza, amely hólyagüreges vulkáni üvegből álló törmelék eredményez. A nagy mennyiségű horzszakő alapján valószínű, hogy az RTH alapanyagát egy heves, robbanásos kitörés szolgáltatta. Mivel a horzszakőtöredékek ásványos összetétele minden RTH-feltáráshoz megegyezik és markánsan eltér a terület hasonló képződményeitől feltételezhető, hogy az RTH horzszakövei egy kitörésből származnak. A RTH horzszaköveiben kizárólag földpát és biotit fenokristályok vannak. A terület más képződményeiben azonban gyakori az amfibol, piroxén és gránát jelenlé-

te. Összletekből származó kvarciszemcsék is. A vulkáni terület alatt települő középidői és harmadidőszaki karbonátokból származó szemcsék gyakran sugáras repedtek, a kitörés során enyhén megsültek, átalakultak. Az aljzattól feltépt, enyhén megsült üledékes szemcsék jelenléte arra utal, hogy az RTH anyaga alapvetően egy nagy energiájú, sekély fészktől kitörésből származik, amely képes volt feltépni a vulkáni terület alatti üledékek anyagát is. Ilyen jellegű kitörések akkor mennek végbe, amikor a vulkáni felépítmény alatti üledékek vízzel telítettek, így

Az irányított üledékes szövet – és így az egykori folyásirány – kimutatása két módszerrel lehetséges: a szemcsék látható (vizuális) irányítottságának vizsgálatával egy a településsel párhuzamos sík mentén, valamint az üledékben lévő mágneses ásványok – jellemzően magnetit – irányítottságának vizsgálatával ún. mágneses szuszceptibilitás anizotrópia mérés segítségével. Az első módszer előnye, hogy az üledékben lévő nagyobb klaszterek irányítottságán alapul, amelyek megbízhatóbban jelzik az egykori irányt. Hátránya, hogy csupán két dimenziós adatot szolgáltat egy adott sík mentén, azaz nem vizsgálható a szövet imbrikációja. Az utóbbi módszer statisztikailag robosztusabb, hiszen a mintában lévő valamennyi megnyúlt magnetitszemcse háromdimenziós irányítottságát figyelembe veszi. A mágneses szövet mérésének hátránya azonban, hogy nem ismert a mért közet fizikai összetétele. Egy megközelítőleg azonos szemcsenagyságú és csupán egy adott mágneses komponenst tartalmazó anyag mágneses szövete alapján nagy pontossággal meghatározható az egykori folyási irány. Az üledék fizikai heterogenitása azonban nagy mértékben csökkenti a mágneses szövet erősségét, így az egykori szállítódási irány meghatározásának lehetőségét. Egy laharüledék esetében például a korábbi kitöréstermésekből feltépett lávaközetekben sokszor nagyon sok magnetit szemcse, nagyon jól irányítottan helyezkedik el. A módszer képtelen elkülöníteni a láva fragmentumokban lévő mágneses irányítottságot a finomszemcsés szemcséközi anyag irányítottságától, ami a szállítódás következtében fejlődött ki. A RTH esetében is a látható szemcsék irányítottsága hasonló a különböző elsődleges piroklaszt árak üledékeiből meghatározott értékekhez. A mágneses szövet irányítottsága viszont elmarad a piroklaszt-ár üledékek értékeitől, hiszen a nagy mennyiségben jelen lévő vulkáni közet szemcsékben lévő mágneses ásványok leontják az alapanyagból származó jelet.

A RTH különböző kibukkanásaiból kapott szöveti irányok az 5. ábrán láthatók. A látható szemcsék irányítottsága minden minta esetében erős, ami megerősíti az üledéktani bélyegek alapján feltételezett lahareredetet. Az erős szöveti irányítottság a sekélytengerben lerakódott lahar-üledék hullámmozgással vagy tengeráramlással történő átkeverését is kizárja. Ebből következően az RTH jól használható az egykori völgyhálózat és így a vulkáni formakincs rekonstrukciójához. A különböző mintákból és különböző módszerekkel kapott szöveti, így folyási irányok csak kis mértékben szóródnak egy adott mintavételi hely esetében, ami a kapott irányok megbízhatóságát jelzi. Nagyobb szóródás csak abban az esetben figyelhető meg, ha a különböző minták eltérő magasságból származnak (pl. Kis Villám).

A rekonstruált egykori folyási irányok csaknem sugárirányú folyási mintázatot jeleznek a Keserűs-hegyi vulkán feltételezett egykori csúcsrégiója körül. Ezek az eredmények megerősítik a szubvulkáni testek elhelyezkedése alapján feltételezhető vulkán szerkezetet. A Keserűs-hegyi vulkán felépülésében tehát egy központi helyzetű kráter, vagy krátercsoport játszott fontos szerepet.

(A cikk Biró Tamás, Karátson Dávid, Mártonné Szalay Emőke, Józsa Sándor és Bradák Balázs közös kutatásának eredményeire támaszkodik, amelyet részben az OTKA K-105245 számú kutatási projektje támogatott.)

Irodalom

- Biró T., Karátson D., Márton E., Józsa S., Bradák B., 2015. Paleoflow directions from a subaqueous lahar deposit around the Miocene Keserűs Hill lava dome complex (north Hungary) as constrained by photo-statistics and anisotropy of magnetic susceptibility (AMS). – *Journal Of Volcanology And Geothermal Research*, 302, pp. 141-149.
- Capaccioni, B., Sarocchi, D., 1996. Computer-assisted image analysis on clast shape fabric from the Orvieto-Bagnoregio ignimbrite (Vulsini District, central Italy): implications on the emplacement mechanisms. – *J. Volcanol. Geoth. Res.* 70, 75-90.
- Capaccioni, B., Valentini, L., Rocchi, M. B.L., Nappi, G., Sarocchi, D., 1997. Image analysis and circular statistics for shape-fabric analysis: applications to lithified ignimbrite. – *B. Volcanol.* 58, 501-514.
- Elston, W.E., Smith E.I., 1970. Determination of flow direction of rhyolitic ash-flow tuffs from fluidal textures *Geol. Soc. Am. Bull.* 81, 3393-3406.
- Ellwood, B.B., 1982. Estimates of flow direction for calc-alkaline welded tufts and paleomagnetic data reliability from anisotropy of magnetic susceptibility measurements: central San Juan Mountains, southwest Colorado. – *Earth Planet. Sc. Let.* 59, 303-314.
- Karátson, D., Németh, K., Székely, B., Ruszkiczay-Rüdiger, Zs., Pécskay, Z., 2006. Incision of a river curvature due to exhumed Miocene volcanic landforms: Danube Bend, Hungary. – *Int. J. Earth Sci.* 95, 929-944.
- Karátson, D., Oláh, I., Pécskay, Z., Márton, E., Harangi, Sz., Dulai, A., Zelenka, T., Kósik, Sz., 2007. Miocene volcanism in the Visegrád Mountains (Hungary): an integrated approach to regional volcanic stratigraphy. *Geol. Carpath.* 58, 541-563.
- Kovács, I. és Szabó, Cs., 2008. Middle Miocene volcanism in the vicinity of the Middle Hungarian zone: evidence for an inherited enriched mantle source - a review. – *J. Geodyn.* 45, 1-17.

SZILI ISTVÁN

Az Év emlőse, kételtűje és hala

2017-ben a legtöbb figyelmet kiváltó állatok között szerepel a mogyorós pele, a mocsári béka és a harcsa. Közös vonásuk, hogy mindegyik rejtőzködő életmódú. Legtöbbször talán csak a harcsáról hallunk, hiszen a pele éjszakai emlős, a mocsári béka pedig ügyesen rejtőzködik a lucskos mocsarakban. Mindegyik állatfaj természetvédelmi jelentőségű, mindegyiket veszélyezteteti valami, még a harcsát is, ha nem szaporítanak évről évre mesterségesen. Vizsgáljuk meg őket kicsit közelebbről!

Mogyorós pele

A rómaiak odavoltak a pelékért, ha hinni lehet a régi római recepteknek. Szörnyű módon, karsú amforában tartva hizlalták őket. Trimalchio lakomáján az egyik fogás például így szerepelt: mézben és mákban megforgatott mogyorós pele kisütve. Annyi pelét fogyasztottak, hogy irtásukat i.sz. 78-ban külön rendeletben szabályozták. Angliában állítólag ma is borsos árat fizet az, aki pelére éheznek.

Mi tagadás, étkezésre szánt pelével én egyszer sem találkoztam. Leggyakrabban csak tudomásom volt róluk, mint például a 80-as években a visegrádi Mogyoró-hegyen, vagy egy bodajki táborozás során a nagy pelék hancúrozása zavarta meg az éjszakai nyugalmat. Szépen kirágott mogyoró, mandula és dióhéjakkal ugyancsak sokfelé találkoztam, ahol a környezet más vonatkozásban is pelék jelenlétéről tanuskodott. Egy másik alkalommal pedig a Csákváron Kölik-völgyi-barlang előterében találtam egy nagypele-farkat, amit valamelyik zsákmányejtő hagyott ott. Nem csoda persze ez a rejtőzködő életmód, hiszen a pelék többnyire éjszakai életet élnek. Kidüldöz szemük ezt azonnal elárulja.

Ki is foglalkozna egy olyan kis állattal, még ha olyannyira bájos is, mint a mogyorós pele (*Muscardinus avellanarius*)?



A mogorós pele étlapján főleg magvak, rügyek, gyümölcsök, bogyók szerepeknnek, de ha teheti, a rovarokat is elfogyasztja (Kalotás Zsolt felvételei)

Bizony, a szíriai aranyhörcsögre, dzsungáriai törpehörcsögre, tengerimalacra, amerikai csikómókusra, degura, csincsillára, több egérfajra, vagy a legutóbbi szobai kedvencre, a cukormókusra gondolva ki kell jelentenem, hogy a mogorós pele – hála istennek, persze – nem tartozik e kényeztetettek közé. Mert, ha oda tartozna, ez a tény mindenképpen veszélybe sodorná. No persze akad azért, aki számon tartja, de korántsem a hobbi-állattartás szempontjából. Ugyanis a nálunk is fellelhető pelefajok (mogorós, nagy és erdei pele) mindegyike védett. A mogorós pele eszmei értéke például 50 000 Ft, az erdei peléé 200 000 Ft! A „pelészek” = pelekutatók érdeklődése a faj monitorozására vonatkozik, amely egyelőre egyedülálló a világon. „2006-tól a hazai nemzeti parkok területén 50–50 peleodút helyeztek ki a kutatók, amelyeket rendszeresen ellenőriznek. Bakó Botond elmondta, hogy habár az országos állomány számszerű méretére vonatkozólag igen nehéz becslést adni, a kutatások kimutatták, hogy a mogorós és a nagy pele hazai állományai stabilak, gyakorlatilag egyikük sem tekinthető veszélyeztetett fajnak. Viszont az erdei pele állománya nagyon kicsi és igen sérülékeny, ezért a szakértők már megtették az első lépéseket a faj fokozottan védetté nyilvánításához.” (National Geographic Magyarország, Természet 2007.)

Lássunk néhány sajátosságot, ami a fajra (és esetenként a rokonaira) jellemző. Először is a „hétalvóság” képességét. Kis kedvencünk ugyanis téli álmot alszik, nemritkán 6–7 hónapon keresztül, és csak az április–október időszakot tölti ébren. Téli álom idején lelassul az állat keringése és légzése (a nagy pele esetében 450-ről 35 szívdobbanásra, a mogorós pelénél nagyjából a tizedére, és ennek megfelelően csak 5–10 percenként vesz lélegzetet), testhőmérsékletük pedig csak 1–2 fokkal haladja meg nulla fokot. Az interneten keringő „hortyogó mogorós pele” c. felvétel tehát nem télen készült, hanem az állat aktív időszakában, méghozzá nappal! A hosszú téli álom idejére állatunk gondosan összeválogatott növényi maradványokból fészket épít, amit fagyókerek közé, föld alatti üregekbe, sőt üres madárodúkba rejt el. Aktív időszakában másfajta fészket rak, rendszerint tüskés bokrok ág-villájába. Nagy meleg idején előfordul, hogy rövidebb ideig nyári álomba merül. Táplálékát tavasszal rügyek, rovarok és lárvák, nyáron pedig különféle erdei bogyósgyümölcsök, mogoró, dió, mandula teszi ki.

Szaporodásra évi 1–2 alkalommal kerül sor a tengerszint feletti magasságtól és a várható táplálékmennyiségtől függően. Bőség idején, amikor rovarok, gyümölcsök és rügyek egyaránt rendelkezésre állnak, két párosodásra is vállalkozik. 22–24 napi vemhesség után átlagosan 3–5 almot vet. Az ellés időszaka leggyakrabban június végére, illetve augusztus elejére esik. A kölykök 40 napig az anyjuk mellett maradnak. Az anyaállat egyébként fialásra rendszerint faodút választ, amit gondosan kibélel. A tapasztalatok azt mutatják azonban, hogy az utódok több mint fele még a következő év előtt elpusztul. A ragadozókon kívül (főleg menyét, hermelin és macskabagoly, elvadult macskák stb.) a téli időjárás nagy hőmérsékletváltozásai,

illetve a cserjetüzek ártanak neki. Megfogyatkozásához hozzájárul a cserjések, erdősélek építkezések általi felszámolása, ezáltal a téli álom megzavarása is.

A mogorós pele egyedülálló nevezetessége, hogy veszély, sarokba szorítás esetén megvágja a farkától a hozzá tartozó hámréteggel együtt. Új farka azonban nem nő, sőt gyakran elüszkösödik és az állat pusztulását okozza.

Mocsári béka

Az állatok világában, ha nem is feltétlenül gyakori, de nem is nagyon ritka a kék szín. A békák esetében azonban kifejezetten ritkának számít. Példaként legtöbbször a parányi kék nyílméregbékát szokták emlegetni, ami Dél-Amerika egyes vidékein honos. Azt, hogy nálunk is előfordul kék színű béka, többnyire csak a biológiai érdeklődésük tudja. A mocsári békák (*Rana arvalis*) him példányai ugyanis néhány napra pompás égszínkék nászruhát öltenek. A hasi oldal kivételével olykor az egész béka bekékül. Ennek az ideje, vagyis a békánász rendszerint márciusban történik. Először a him békák érkeznek a nászhelyre, egytől egyig bekékülnek, majd megjelennek a nőstények is. Az alkalmas nászhelyeken ún. párzási gyűlekezetek alakulnak ki, ahol a nőstények aligha maradnak pártában, mert a hímek szinte azonnal átkarolják őket: ezt nevezik párzási ölelésnek (amplexus). Megfigyelők szerint a kék szín intenzitása és kiterjedése a leendő utódok túlélő képességében mutatkozik meg. A bekékülés egyéb-



A mocsári béka hímek a márciusi nász idején csodálatos kék színben pompáznak

ként alighanem csakis a hímeknek szóló jelzés, ami a téves párválasztás elkerülését szolgálja. Ekkortájt a hímek távoli kutyaugatáshoz hasonló vartyogó-bugyborékoló, halk pukkanásokhoz hasonló hangokat hallatnak, méghozzá a víz alól. Ez töme-

ges hangzás esetén akár hangos, zavaró is lehet. A párzás befejeztével a kék szín hamarosan eltűnik.

A mocsári békák körében szokatlan a hímek testmérete, ugyanis nagyobbak a nőstényeknél. (Más fajoknál ez fordítva szokott lenni.) A peték súlyától elnehezült nőstények számára ez akkor végzetes, ha egyszerre több hím kapaszkodik rájuk és víz alá nyomják. A lerakott mintegy 1500–2000 pete azonnal lesüllyed az alzatra, és ott is marad. Az ebihalak két hét múlva kikelnek, lárvái május-júniusban alakulnak át.

A mocsári béka síkvidéki faj, nálunk még a középhegységi környezetben sem lehet megtalálni. Főleg a folyók, tavak környékén kialakult vizes élőhelyeket kedveli, és nem csak a szaporodási időszakban. Ezért a lecsapolások, kiszáradás és kiszáritás számára a legfőbb veszélyeztető tényező. Mivel többnyire természetvédelmi oltalom alatt áll, más veszély (például vízmérgezés) ritkán leselkedik rá. Az erdélyi Rétyi Nyír mocsáribéka-populációjáról kiderült, hogy más európai populációktól különbözik, így voltaképpen jégkori maradványfajnak minősül.

A harcsa

Még egészen régen, kisgyermek koromban elvittek egy halastó őszi lehalászására. A sokféle hal és egyéb vízi jószág közül leginkább egy harcsára emlékszem. Szemben a pontyokkal, látszólag döglötten, mozdulatlanul feküdt a válogatóasztalon. Ki tudja, milyen ötlettől vezérelve, egy zsineget kezdtem húzogatni a szája előtt. Mire az élettelennek tűnő állat villámgyorsan ráharapott a zsinegre, pontosabban a folytatását képező kezemre. Akkoriban még hibátlanul működő reflexekkel rendelkezhettem, ennek köszönhetően visszarántottam a kezem, de csak jó néhány apró, visszafelé görbülő harcsafog nyomával úsztam meg a történetet. Bár a kezem erősen vérzett, egy darabig szólni sem tudtam, és nem is mertem, részben a meglepetéstől, részben a büntudattól. További lélegzetelállító harcsás történettel azonban nem szolgálhatok. Azt viszont a saját szememmel többször is láttam, amint az éhes ragadozó a gyanútlanul úszkáló szárcsát, récét lerántotta a víz alá. Amiként az is a nehezen felejthető emlékeim közé tartozik, amikor a horgászok fél éjszakán át kuttyogattak a Tiszán, hogy a rejtőzködő zsákmányt előcsalogassák. („A kuttyogató használatát megtanítani olyan vállalkozás lenne, mintha könyvből akarnánk megtanítani valakit hegedülni” – állítja egy kuttyogató „művész”).

Az a tény, hogy az „Év hala” a harcsa lett, alighanem a horgásztársadalomnak köszönhető. Pedig e hal nem szorul

különbözőbb bemutatásra. Márpedig az „Év hala” mozgalom nemcsak a népszerűségről, hanem az ismeretlenségről is szól! A harcsa latin neve *Silurus glanis*, németül Wells vagy Waller, angolul Sheat fish, oroszul pedig szom-nak hívják. Népies nevük igencsak változatos, többek között szürkeharcsának, lesőharcsának, harcsapurdának nevezik.

Mindettől függetlenül, lássuk csak, mi mindenről vált híres-nevezetessé a harcsa! Először is, a viza után ez a legnagyobbra növő őshonos halunk. A vizát azonban lassan elfelejthetjük, elsőség dolgában marad tehát a harcsa. A valamikori 2–3 mászás példányok helyett azonban a mai em-



A harcsa ragadozó hal, a kisebb halakat, de a szárcsát, récét is könnyedén elkapja
(Forrás: <http://nashzeleniymir.ru>)

bernek be kell érnie a maximálisan közel mászás, 2 méter körüli példányokkal. A harcsák ugyanis – akárcsak a fák – egész életükben növekednek. Különös alkatát a fejtől farokig fokozatosan elkeskenyedő test okozza. Ami a harcsa száján befér, áldozattá válik. A vizsgálatok szerint a harcsatáplálék 70%-át kisebb halak teszik ki. Pikkelytelen bőre a benne rejlő mirigyekből bőséges nyálkát választ ki, amit sokan csak nyúzással tudnak eltávolítani. További jellegzetessége a bajusz, ami közül a két hosszú a száj szegletében, a négy kicsi pedig az alsó állkapcspon található. (A bajuszok az érzékelés szervei.)

A legtöbb sajátosság az íváshoz kapcsolódik. Folyóvizekben ez gyakran összekapcsolódik a folyóvíz kiáradásával. Ilyenkor gyakoriak a meleg frontok, a nászra legtöbbször az akác virágzásával egy időben, éjszaka kerül sor. A „tejesek” már egy héttel előbb megjelennek az ívóhely környékén, és az ívás előtt megmérkőznek egymással, de ilyenkor a sa-

ját méretüknél kisebb nőstényeket sem kímélik. Ez magyarázza, hogy legtöbbször csak az azonos méretű halak állnak párba. Folyóvizekben a vízbe hajló fűfák gyökerei alatt találják meg az ideális ívóhelyet, másutt viszont maguk készítik el azt. Meghózzá úgy, hogy a nád gyökerei közé, illetve alá tudjanak férkőzni. A megtermékenyített peték ugyanis azonnal a gyökerekhez tapadnak. A viszkózus ikrák meglehetősen nehezen jönnek a világra, és a bennük érlelődő embriók számára is küzdelmes, esetleges a biztonságos kijutás. Ez leggyakrabban a harmadik napon következik be, és további 3–4 napig még a hím őrzi őket. A kis harcsák

kerülük a fényt, és a kelés utáni 5. naptól megkezdik önálló táplálkozásukat. Ez az állapot késélyes: vagy a harcsa eszik, vagy a harcsát eszik. A parányi állatok rovarlárvákat és alsóbb rendű rákokat fogyasztanak (ezek plankton méretűek), miközben ők maguk is zsákmánynak számítanak. Később egyre gyakoribbá, majd kizárólagossá válik a zsákmányejtés. (A kizárólagosság nem teljes, mert a harcsa a dögeket is elfogyasztja.) Érdekes még az emésztés hossza és a hőmérséklet összefüggése. 10 °C esetén az emésztés több mint 3 napig tart, 25 fokon pedig 20 óra körüli. A horgászok számára levonható tanulság tehát az, hogy melegebb vízben a harcsa hamarabb lesz éhes.

A harcsa nem általánosan elterjedt halfaj: a 60. szélességi foktól északra már hiányzik, Svédországban és Finnországban pedig ritka. Keleti elterjedése az Aral-tó vízrendszereig terjed. Azonban sok olyan helyre betelepítették, hol eredetileg hiányzott – a horgászok legnagyobb öröme. □

KORSÓS ZOLTÁN

Egy Arany-kép története

Elfogtunk egy levelet, valamint egy képet az egyik közösségi oldalon (ezt így szokás mondani – de vajon melyiken...). Korsós Zoltán, a Magyar Természettudományi Múzeum főigazgatója, régi szerkesztőségi barátunk posztolta. A festményt, mely Arany Jánost ábrázolja, az ő dédapja, Biczó Géza festette, a levelet pedig lapunk alapítója, Szily Kálmán írta a művésznek. Hogy a kép és a levél hogyan kapcsolódik egymáshoz, megtudhatjuk a következőkből. (A szerk.)

Biczó Géza (Nagykörös, 1853. február 20. – Budapest, 1907. november 4.): festő és rajztanár. Tanulmányait a budapesti Mintarajziskolában végezte, majd 1876–77-ben mint katona Bécsben látogatta a képzőművészeti akadémiát. 1877-től a kiskunhalasi gimnázium rajztanára. Később a müncheni képzőművészeti akadémián folytatta tanulmányait. Visszatérve 1885-ig ismét Kiskunhalason, majd haláláig Budapesten a VII. kerületi Barcsay főgimnáziumban volt tanár. 1880-tól képeit több ízben a Műcsarnokban kiállításon mutatta be. Főként a nép életét ábrázoló zsánerképeket, valamint



Biczó Géza

számos arcképet festett. Két évtizeden át a Vasárnapi Újság illusztrátora volt. Számos könyvhöz is készített illusztrációt. Szülővárosában, Nagykörösön utcát neveztek el róla.

Két lánya volt, Biczó Sarolta és Biczó Ilo-
na (1886–1970). Biczó Sarolta (1885–1965) a nagyanyám volt (magyar-német szakos tanárnő), férje, dr. Tóth Lajos (1882–1957), a pápai Teológiai Akadémia igazgatója. Három gyermekük közül (Sarolta, Sándor és Piroska)

már csak édesanyám él, Tóth Piroska (született 1922-ben).

Az 1934-ben épült zuglói Columbus utcai családi házban került elő az ott őrzött Biczó-iratok közül Szily Kálmánnak (1838–1924), a Magyar Tudományos Akadémia főtákarának (1889–1905) levele Biczó Gézához, melyet 1894. február 27-én írt:

„Tisztelt tanár úr!

Tegnap Arany László megkért értesiteném Tanár urat: szíveskednék őt (Bálvány utca 7. sz.) d. e. 10 órakor meglátogatni. Arany János egy arcképének elkészítésével szeretné megbízni.

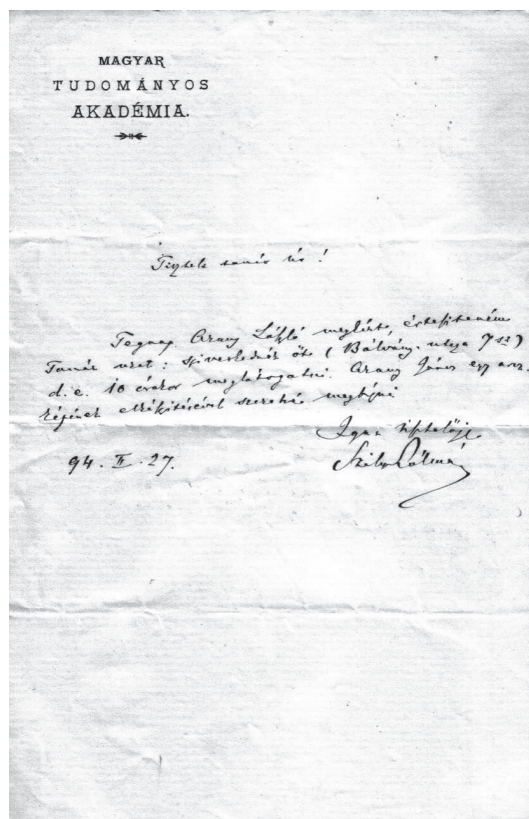
Igaz tisztelője

Szily Kálmán

94. II. 27.”

E levél tanúsága szerint Biczó Géza Arany János fia, Arany László (1844–1898) kérésére készített egy Arany-képet. Ugyanakkor az is egyértelmű, hogy a kép készítésének idején (1894-ben) Arany János (1817–1882) már nem élt, tehát Biczó Géza egy másik, korabeli festményről (vagy fényképről?) készíthette portréját. Külön érdekesség, hogy készült hozzá egy szénrajztanulmány is, amelyet nagynéném, Tóth Sarolta talált meg és ajándékozott 1982-ben a nagykörös múzeumnak. (A történetét megírta a Nagykörös Hírlapban.)

A vázlatul szolgáló szénrajzot, ki tudja, milyen okból, Biczó Géza dr. Váczy János (1859–1918) akadémikusnak, tanárkollégájának ajándékozta, akitől annak unokájához, özv. Vörös Lászlóné Váczy Margithoz került. Váczy Margit elmebeteg állapota miatt 1982-ben gondnokság alatt állt, s özszes tulajdona felett gyámja, dr. Bagi László (kecskeméti megyei főügyész tanácsos) rendelkezett. A képet 1982-ben nagynéném-



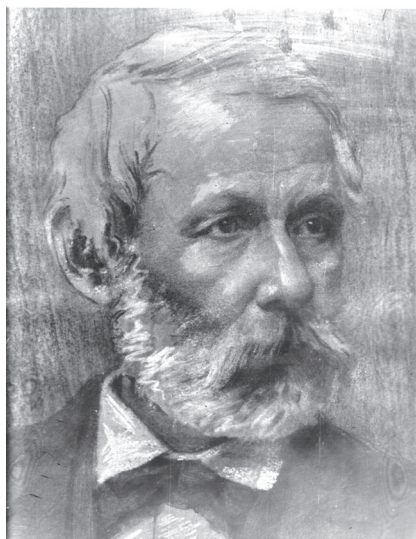
Szily Kálmán levele

mel, Tóth Saroltával (1916–2016, aki Sáfrán Györgyi kolléganőjeként az Akadémiai Kiadónál szerzett tudomást az egészről) dr. Bagi László fiánál, ifj. Bagi László mérnöknél találtuk meg Rómaifürdőn, és a tulajdonjog fenntartásával onnan került letétbe a nagykörös múzeumba (ahol most is van).

Magának a festménynek a története is regénybe illő. Sáfrán Györgyi Arany-kutató Arany János művei kritikai kiadásának XV. kötetében, amely Arany négy kötetre tervezett levelezésének első Levelezés (I.) köteteként 1976-ban az Akadémiai Kiadónál jelent meg, a Voinovich-hagyaték háborús események során történt elpusztulása elmon-



Arany János
1882-ben



Biczó Géza szénrajza Arany Jánosról, készült feltehetőleg 1894-ben, a bal oldali (a Pesti Naplóban is megjelent) fénykép alapján, Arany László megrendelésére



Biczó Géza: Szily Kálmán (1900)
MTA Könyvtár, Olvasóterem

dásánál említést tesz egy Arany-festményről, melyet a Tudományos Akadémia őrzött, mint Biczó Géza által festett sikerült portrét. A többi relikviával együtt Voinovich ezt is a saját villájába mentette, ahol legnagyobb részük a háború martalékává vált.

Voinovich Géza (1877–1952) irodalomtörténész, az MTA főtitkára (1935–1949), 1905-ben vette feleségül Arany László öz-

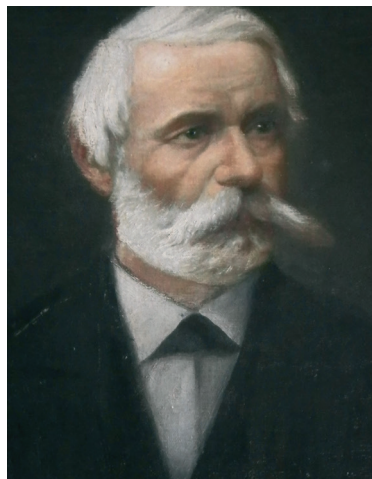
Arany Lászlóné Szalay Gizella 1905. november 26-án megírta első autográf, tizenkét oldalas végrendeletét, amelyhez hat és fél oldalnyi »Emléktárgyak listája« csatlakozik.

A végrendeletben a következő részlet szerepel: „A Zichy illustratio képeket a spa nyolfalat [ezen voltak] tartsa meg Géza a míg kedve van – de holtá után hagyja a Nemzeti Múzeumnak. – Oda adja mindjárt halálom

A második és harmadik végrendeletben (1907 és 1909) már nincs szó Biczó Géza Arany János-festményéről.

Arany János családi hagyatéka tehát elpusztult anélkül, hogy Voinovich Gézáékon kívül valaki is, valaha is közelről látna mérhetetlen értékeit.

Biczó Géza Szily Kálmánt, lapunk alapítóját is lefestette. A kép az MTA Könyvtár Olvasótermét díszíti. ✂



Biczó Géza Arany János-festménye az MTA Képestermében (bekarikázott kép), balra a festmény egy részlete



vegyét, Szalay Gizellát. A teljes Arany-hagyatékot (kéziratokat, könyveket, szobrokat, festményeket) a villájukban őrizték, a Ménési út 23. sz. alatt, amely 1945. január 22-én bombatalálatot kapott, és minden elpusztult. Szalay Gizella is a romok alatt lelte halálát.

után a Horovitz féle Arany János és Piroska arcképeit – és Balló által festett kisebb Arany László arcképet. A szalontai Arany-szobába pedig küldje le halálom után mindjárt a nagyobb Arany László képet Ballótól – a Biczó Arany Jánosát – és a könyvek közül mind azt ami Arany János könyvtárából való...”

Budapest, pp. 466–472.

Tóth Sarolta (1982): Ismeretlen kép Arany Jánosról – Nagykőrösi Hírlap

Váczy János (1910): Arany János. – Uránia Magyar Tudományos Egyesület, Népszerű Tudományos Felolvasások 97, Hornyánszky V., Budapest

Irodalom

<http://mek.oszk.hu/00300/00355/html/ABC00523/01765.htm>

Sáfrán Györgyi: Arany János összes művei, XV. kötet, Jegyzetek, Bevezetés Arany János levelezéséhez. II. Arany János levelezésének gyűjteménye. – Akadémiai Kiadó,

...tévednek azok, akik szerint a matematikai tudományok
semmit sem mondanak a szépről vagy a jóról.
Arisztotelész

Arany János éve

SCHILLER RÓBERT

Lapunk alapító főszerkesztője, Szily Kálmán épp 100 évvel ezelőtt, 1917. március 22-én, a következő szavakkal nyitotta meg a közgyűlést. „Akkor, midőn az egész ország Arany János nagy szellemének hódol, midőn társaságok, körök, intézetek nemesen vetekedve, egymásután újítgatják dicső emlékezetét: tétlenül, közömbösen félre állhatunk-e mi...?”

Az év Arany születésnek centenáriuma volt, a költő születésnapja pedig márciusra esik; száz évvel ezelőtt élt elődeinket sem bővítették el kevésbé a kerek számok, mint bennünket, maiakat. Egy keveset ügyeskedtem csak az idézettel: valóban Szily mondta, de a közgyűlés ahol elhangzott, a Magyar Nyelvtudományi Társaságé volt, amelynek a már nyelvészé lett Szily volt az első elnöke.

Nem találtam annak nyomát, hogy a Természettudományi Közlöny írt volna Aranyról a centenárium évében. Abban az évben, sok egyéb mellett, a harctéri sebesülésekről lehetett olvasni részletesen okadatolt, rémületes képekkel illusztrált tanulmányt. Korábban azonban többször előfordult a lapban Arany neve. Az Akadémia főtítkára természetesen hivatalból is kapcsolatban állt a Természettudományi Társulattal.

De volt itt más is. A klimatológus Hegyfoki Kabos 1890-ben a költő természeti megfigyeléseiről ír, a felhők vonulásáról, a vihar kitöréséről szóló versszakokat idézi, főként elbeszélő költeményeiből, a Murányból és a Buda halálából, hogy a részleteiben is meglepően szabatosnak talált (és csodásan szép) leírásokhoz hozzáfűzte a maga tudományos magyarázatait.

Herman Ottó szigorúbb a költőhöz. Még annak az életében, 1877-ben írt cikkében egyebek között a *Keveháza* bevezető sorait dorgálja meg tudósi alaposággal. Így: „Mindazonáltal úgy találjuk, hogy az irodalomban, jelesen a történelem hagyományos részében és a költészetben sok az olyan 'sas', a mely voltaképpen nem sas, sőt hogy a sas a hangzatoság kedvéért összeházasítatik olyanokkal, a minőkkel összeházasítani nem lehet, mint: 'saskeselyű', 'solyomsas'. Különösen a 'saskeselyű' az, mely a magyar költészetben előszeretettel alkalmaztatik. így péld. Arany János 'Keveháza' költeményét így kezdi: 'Mért vijjog a sas keselyű?/ Mért szállong a turul s ölyű / Hadintéző baljós madár / Széles Dunának partinál?'” Ez bizony baj, mert – írja Herman Ottó – a saskeselyű név egy átmeneti fajra utalna, valamire a sas és a keselyű között, ami ugyan létezik, amire azonban ritkasága folytán a költő nem gondolhatott (?), vagyis a versben egy nem létező madár szerepel. Ez akár igaz is lehet, de mégis csak gyalázatos kár lenne, ha az ornitológia megfosztana bennünket az első sor népdalba rejtett, két zengő anapesztusától.

Most, a kétszázadik születésnapon folyóiratunk felidézte a költő egy tréfáját, *A reggel* című disztichonos „természetrajzot”, amely azon a képtelenségen mulat és mulattat, hogy valaki „a tudomány haladása” szerint akarna verset írni. Pedig maga Arany se találta a dolgot mindig képtelennek. Néhány éve írtunk röviden Arany egy verséről, egy „allegoriáról”, amelyben a szivárvány hídja felé futó gyereket egy agg remete világosítja fel a szivárvány fizikai természetéről. Itt nem mulat senki.

Arany, tudomásom szerint, soha nem írt a Természettudományi Közlönybe. De – fontosabb! – írt azoknak, akik természettudományról írtak és írnak, elődeinknek is, nekünk is. Saját lapját, a *Koszorút*, „szépirodalmi s általános műveltség terjesztő” orgánumnak, „literaturai és ismeretterjesztő lapnak” szánta. Ha így van, akkor talán írni lehetne-kellene benne „a magyar akadémia üléseiről” is – ez éppen a címe a cikkének. Arról igyekszik benne meggyőzni a szerzőit, hogy akár olyan, ijesztő tárgy előadásáról is, mint „az őslénytani és földtani fő korszakok alapelveiről” szóló (ez egy valóságos székfoglaló volt) lehet „női közönségnek referálni”. Megfér a természettudományos ismeret a szépirodalommal.

Itt egy percre meg kell állni, mert régi időkből való az idézet. Akkorról, amikor Veres Pálné még csak gondolkodni kezdett a nőnevelés felől, Hugonnai Vilma, az első magyar orvosnő még bele se kezdhetett egyetemi tanulmányaiba, amikor Arany maga ugyan tudta, hogy az ő folyóiratát legalább annyi férfi olvassa, mint nő, a közvélekedés mégis úgy tartotta, a magas tudomány a férfiak dolga, a gyengébb nemnek a költészet való, meg az érzékeny, meghatározó elbeszélések. Ma inkább úgy mondanánk, a földtani korszakokról bölcsész közönségnek is lehet írni – meg, ha mindenkinek nem is, de bárkinek nagyon is.

Arany János aztán megmutatja, hogyan kell a hölgyeknek írni. Például úgy, hogy egy akadémikus, aki az elhúzódt ülés miatt elkésik a hölgy teadélutánjáról, olyan módon menti ki magát, hogy igyekszik elmesélni, miről is volt szó az ülésen. Elcsevegi: „Az őslénytan (paelontologia) és a földtan (geologia) azt tanítja, vagy inkább mutatja, hogy a mi öreg földünknek – mely tán millió év óta 'forog keserű levében' – voltak olyan időszakai, a midőn állat- és növényfajták kivesztek róla, s idővel mások álltak elé megint. Ezek az őslénytani és földtani főkorszakok. Mi okozta e nagy változást? Értekezőnk nem ily módon, de körülbelül ezt mondja. [...]” És aztán az ismertetés végén: „– Ez az egész – Mi volna ebben oly rendkívül komoly?” A székfoglaló tartalma azóta jócskán elavult, Arany tanácsa azonban ma is érvényes. „A tudomány műnyelve” helyett a napi beszélgetés nyelvén, a tudósi komolykodást a tartalomról lehántva – így írjunk! Hölgyeknek, bölcsészeknek, bárkinek.



HOLLÓSY FERENC

A prosztatarák sugárkezelésének újabb lehetőségei

A dűlmirigy (prosztata) daganatos megbetegedése gyakori a fejlett országok férfilakossága körében. Elsősorban az idősebb férfiakat érinti, de negyvenéves életkor után bármikor megjelenhet. Mivel a tüdőrák után ez a második leggyakrabban diagnosztizált rosszindulatú daganattípus, a negyven év feletti férfiaknak már évente ajánlatos volna megvizsgáltatni a prosztata állapotát. Az időben felismert prosztatarák gyógyítható vagy legalábbis visszaszorítható, és a beteg számára jó minőségű, lényegében tünet- és panaszmentes élet biztosítható. Ez persze csak abban az esetben igaz, ha a prosztatarákos beteg időben alkalmazott és jól megválasztott terápiás beavatkozásban részesül.

A prosztatarák kezelésének lehetőségei a rák stádiumától és egyéb tényezőktől függenek. Korai stádiumban felfedezve, a tényleges gyógyulás reményében, lehetőség van a prosztata teljes egészében történő *sebészeti eltávolítására* és *sugárterápiára*. Előrehaladott stádiumban a helyzet már nehezebb. Ilyenkor az a cél, hogy *hormon- vagy kemoterápia* alkalmazásával lassítani lehessen a betegség lefolyását.

A kezelésnél használt eljárások káros mellékhatásokkal járhatnak, ezek azonban sok esetben minimálisra csökkenthetők. Az újabban kidolgozott műtéti eljárásokkal például az esetek jó részében elkerülhető azon idegek károsítása, melyek a hímvessző merevedését és a hólyag záróizmának működését szabályozzák.

A prosztatarák kezelésének másik módja a sugárkezelés. A sugárterápia célja, hogy nagy energiájú ionizáló sugárzás alkalmazásával mutációk tömegét hozza létre a tumorsejtek örökítő anyagában (DNS), mellyel jelentősen csökkenthető a daganatsejtek száma és szaporodási rátája. Tekintettel arra, hogy a rákos sejtek sugárérzékenysége általában jóval nagyobb, mint az őt körülvevő ép szöveteké, szelektív hatás érhető el. A sugárterápia alkalmazásának 118 éve alatt bekövetkezett jelentős fejlődésnek köszönhetően ma már szelektív és hatékony sugárkezelési módszerek állnak rendelkezésre a prosztatarák korlátozó, illetve csak a környező szövetekbe terjedő daganatok esetén.



A prosztatarák külső besugárzásának egyik hatékony eszköze a 3D konformális sugárterápiás készülék

A hagyományos sugárterápia során, az úgynevezett *külső besugárzásos módszer-nél*, meghatározott ideig egy készülékből sugárnyalábokat bocsátanak a prosztatarákra, és a környező szövetekre. A hagyományos külső besugárzási technikák eredményessége az új képalkotó eljárások bevezetésének köszönhetően sokat fejlődött. A mai korszerű eszközökkel a radiológus sokkal pontosabban tudja a sugárnyalábot a tumoros elváltozásra fókuszálni, mint régebben. A beteg kismérendőjéről vékonyseletes CT-felvételek készülnek, melyek segítségével meghatározható a rákos terület kiterjedése, térbeli lokalizációja és a környező szöveteket érintő biztonsági zóna mérete. A CT-felvételeken az orvos a célterület térbeli alakját hűen követő ún. konformális mezőkből egy lehetséges kezelési mezőelrendezést jelöl ki. Ez az úgynevezett háromdimenziós konformális sugárterápia (3DKRT), ahol az alkalmazandó dózis optimális térbeli eloszlását egy besugárzástervező rendszer számítja ki. A sugárdózist Gray-ben (rövidítése Gy) adják meg. Minél többször, minél kisebb adagokban adják, annál kíméletesebb a terápia a szervezet, az egészséges szövetek számára. Ennek üte-

mét pontosan be kell tartani. A terápia során minden sugármezt hetente 5 napon át kezelnek, mintegy 7–8 héten keresztül. A prosztatarákra leadott összes dózis mennyisége 70–80 Gy között van. A prognosztikai faktoroktól függően 50–90%-os biokémiai tünetmentesség (PSA < 1 ng/mL) érhető el 5 éves utánpótlást alapul véve. Természetesen a túlélésre gyakorolt hatás megítéléséhez e nemrég használt technikánál még hosszabb időre van szükség.

A prosztatarák külső sugárkezelésében továbblépést jelent az optimális dózis kialakításában alkalmazott úgynevezett inverz besugárzástervezés-intenzitás modulált besugárzással (IMRT). Ennél a technikánál változó dózisintenzitású sugárnyalábot irányítanak a célterületre, melynek mezőit az előbbi ismert módszerhez képest kisebb szegmensekből állítják össze. A célterület dózisellátását és a környező ép szövetek védelmét számítógépes besugárzástervezéssel optimalizálják.

Maga a besugárzás nem fáj, nem okoz kellemetlen érzést és alkalmanként csak néhány percig tart. Viszont csakúgy, mint a sebészeti beavatkozás során, a prosztatarák sugárkezelése sem mentes a nem kívána-

tos mellékhatásoktól. A külső sugárkezelés hatására mellékhatások léphetnek fel, melyek időbeli lefutásukat tekintve korai (akut) és késői (krónikus) típusúak lehetnek. A korai mellékhatások oka, hogy a besugárzás a prosztatával szomszédos szövetekben és szervekben gyulladásos reakciót idéz elő. Így gyulladás alakulhat ki a hólyagban és a végbélben is. A gyulladás kísérő tünetei a gyakori, sürgető vizelési inger, a gyakoribb, több frakcióban ürü-

nyába. Ez az úgynevezett *közel* vagy *belső besugárzás* (*brachiterápia*) módszer, melynek során szövetközi vagy üregi sugárkezelést alkalmaznak. Az eljárás a daganat tulajdonságaitól függ: a daganat méretétől, stádiumától, elhelyezkedésétől, szövetek közé történő betörésétől stb.

A brachiterápia során – tűkkel vagy szondákkal – sugárzó, ún. izotópmagokat helyeznek közvetlenül a daganatba vagy valamelyik testüregbe, a rosszindulatú daganathoz egészen közel. A sugárzás csak néhány milliméteres körben éri a szöveteket. A felezési idő, vagyis az az időtartam, amely alatt az izotópok által leadott sugárdózis a felére csökken, viszonylag rövid. Emiatt a már nem sugárzó anyag bent is maradhat a szervezetben, nem jár semmilyen kockázattal.

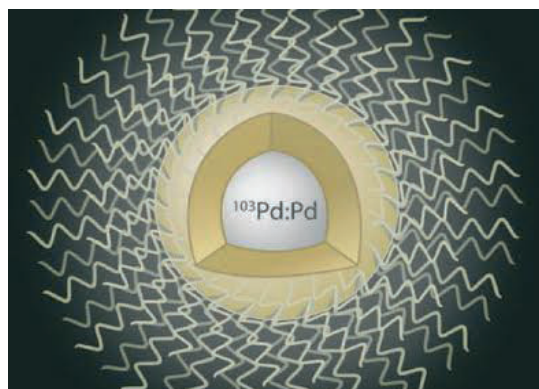
A sugárzó anyag bejuttatását képkalkáló ultrahang vagy CT-készülék segítségével követik nyomon. Ez a megoldás számos előnnyel jár: kis térfogatban nagy sugármennyiséget lehet a prosztatába juttatni, miközben a

környező, egészséges szövetet megóvják. Pár óra alatt ambulánsan is elvégezhető; nincs szükség többszöri megismételt kezelésre; ideális eszköz a dózis növelésére; jó a költség/haszon aránya; a radikális prostataektómiához képest ritkábban okoz impotenciát és inkontinenciát. A brachiterápiát önállóan vagy külső besugárzással együtt is alkalmazzák. Az időegység alatt adott dózis mértéke szerint két fő formáját különböztetjük meg: alacsony (low dose rate, LDR) és magas dózisteljesítményű (high dose rate, HDR) terápiáról beszélünk. Az alacsony dózistel-

jesítményű terápia során tűk segítségével ^{125}I jódsó vagy ^{103}Pd palládium izotópmagokat ültetnek be („seed” implantáció) a prosztatába. A magas dózisteljesítményű technikánál a tűk prosztatába történő bevezetésekor a sugárforrás még a készülék tárolóegységében tartózkodik, és csak a kezelés indi-

tásakor, utólag töltik fel sugárzó anyaggal a tűket (after-loading) távirányítással. Így módon a kezelő személyzet nincs kitéve a sugárvesélynek, ugyanakkor a besugárzás a betegnél célzottan a rákos területre irányított.

Az 1970-es és 1980-as években alkalmazott, ún. *permanens implantációnak* nevezett kezelési forma ma a reneszánszát éli. A kezelés során az izotópmagokat ultrahang-vezérlés mellett juttatják a prosztatába. A katéter egyik vége egy számítógéppel vezérelt eszközhöz kapcsolódik, melyel kisméretű gömb alakú radioaktív magot juttat a katéterbe, a másik vége pedig a magot a daganat célterületére juttatja, ami ott is marad végleg (innen a permanens elnevezés). A mag elhelyezésével és a sugárzás idejével szabályozható, hogy a daganat egyes részei mekkora sugárdózist kapjanak. Típusuktól és felezési idejüktől függően 1–3 hónap alatt adják le az előírt dózist. A módszer sokáig nem terjedt el, mert – a radikális prostataektómiával szemben – eleinte csak szerényebb és csak hosszútávú eredményeket tudott felmutatni. A rektális ultrahangtechnika térhódításának és a számítógépes besugárzástervezés fejlődésének köszönhetően ezt a módszert ma már széleskörűen alkalmazzák. Sőt a kezelések már ambulánsan is elvégezhetők. Az irodalom beszámol arról, hogy lokalizált prosztatarákos betegeknél egyedü-



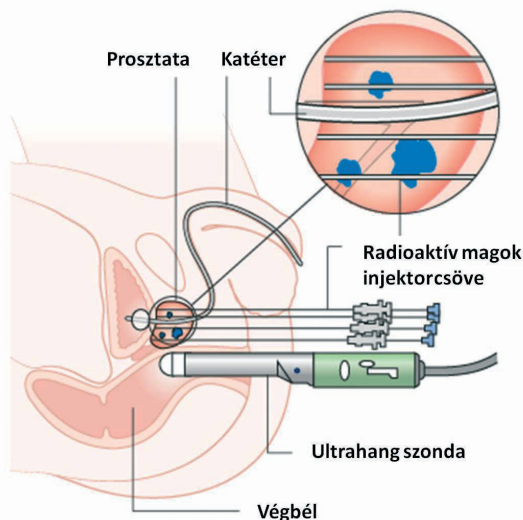
Az arannyal bevont ^{103}Pd nanorészecskéket polietilén-glikollal juttatják a célterületre

li vizelés, a nehezebb vizeletürítés és a hasmenés. Akut mellékhatások a betegek mintegy 30–60%-ánál lépnek fel. A tünetek gyógyszeres kezelést igényelnek, melyek a kezelés befejezését követő 2–3 hónappal fokozatosan megszűnnek.

Késői mellékhatásként a szövetekben hegesedés, nyálkahártya-atrófia, fibrózis, érbelhártya-károsodás jöhet létre, melyek rendszerint a besugárzást követő 1–2 évben jelentkeznek. Lezajlásuk lassú, elhúzódó. Kialakulásuk mértéke függ az egyén szöveti érzékenységétől, az ép szövetek dózisterhelésétől, a dóziseloszlástól, a napi és az összes dózis mennyiségétől. A legfontosabb késői mellékhatások közül a húgycsőszűkületet (5–10%), a végbélhártya-atrófiát, a vérzést (10–20%) és az impotenciát (30%) kell megemlíteni.

A prosztataráknál három stádiumot különböztetnek meg. Az A- és B-stádiumnál a sebészi és sugárterápia hatékonyságát sokan közel azonos fokúnak tartják, bár vannak, akik inkább a prosztata műtéti eltávolítása mellett érvelnek. A döntés minden esetben egyedi alapon, a beteggel szoros együttműködésben történik. C-stádiumú prosztatarák esetén viszont a sugárkezelés jelenti az elsődleges, vagy fő kezelési módot, mégpedig külső sugárforrásból történő ismételt besugárzásokkal.

A besugárzás történhet úgy is, hogy nem külső sugárforrást alkalmaznak, hanem belsőt. Ilyenkor radioaktív anyagot juttatnak közvetlenül a prosztata állomá-



A brachiterápiás kezelés elvi rajza. A radioaktív magokat injektortűvel juttatják a célterületre

li permanens implantációval 85–95%-os biokémiai tünetmentesség érhető el 9 éves utánkövetési időszakot vizsgálva.

A permanens implantáció előnye, hogy a fém vagy műanyag katéterek beültetése után a besugárzás előtt a sugárzási terv még optimalizálható. Hátránya, hogy na-

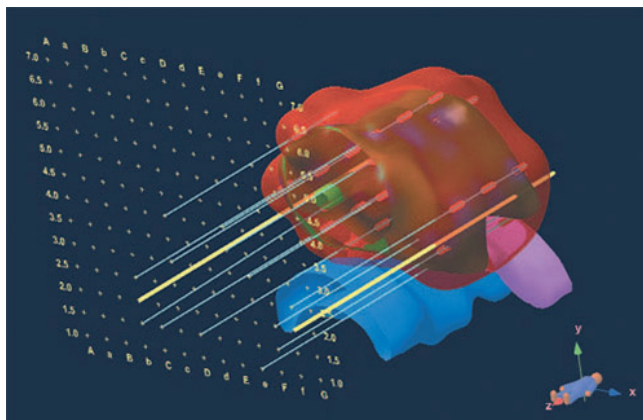
gyobb dózis leadásakor többszöri besugárzást kell alkalmazni, mely idő alatt a tűk többnapos benntartása kellemetlenséget okozhat a betegnek. Gondot jelent még, hogy az implantátumot nem lehet eltávolítani a kezelést követően. Továbbá a beteg szervezetébe juttatott és ott is maradó izotópmagok zavaró műtermékként jelenhetnek meg a képalkotó diagnosztikai vizsgálatok során. Nemrég egy új, alternatív megoldásról számoltak be, amelynek során katétértűk helyett injekcióval juttattak be palládiumból és aranyból álló nanorészecskéket a kezelendő területre. A nanorészecskék felépítéséhez radioaktív és nem radioaktív palládium- (Pd és ^{103}Pd) és arany- (Au és ^{198}Au) atomokat használtak polietilén-glikol hozzáadásával.

Az implantátumban használt palládium- és aranymagokat különleges szintetikus módszerrel állították elő. Méretüket elektronmikroszkóppal határozták meg. A részecskék mérete 10–14 nm között mozgott, míg hidrodinamikus átmérőjük 36–48 nm között változott. A sugárzó magokat alacsony dózisban juttatták a célterületre. A polietilén-glikolnak köszönhetően, a nanorészecskéket a tumoros szövet erősen megkötötte, ami lehetővé tette a daganatsejtekre gyakorolt hatás kifejlődését. Négy hét múltán a tumortérfogat gátlása 56%-ról 75%-ra növekedett a kontrollhoz képest.

Amikor a magok borításaként aranyizotópot alkalmaztak, az bőrelhalást idézett elő. Ezért a kezelése során a radioaktív arany helyett nem-radioaktív arannyal burkolt radioaktív palládium-részecskéket alkalmaztak. Az új brachiterápiás eljárás lehetővé tette, hogy a radioaktív anyag dózisért finoman hangolják, a manapság használt tűkhöz képest pedig sokkal vékonyabb tűket használjanak. Az első palládium-arany nanorészecskéket alkalmazó kezelést követően a kutatók igen kedvező eredményekről számoltak be. A nanorészecskék hatékonyan csökkentették a tumorsejtek számát. S miután elvégezték feladatukat, az elhalt tumorsejtekkel együtt eliminálódtak a kezelt területről. Ezzel a módszerrel így az is megoldható, hogy sokkal kevesebb műtermék képződjön a kezelés során, ami később a képalkotó diagnosztikai kontrollfelvételek kiértékelését zavarja.

A nagy dózisú (HDR) brachiterápia a szövetközi besugárzás új formája, amely átmenetileg nagy mennyiségű sugárzásnak teszi ki a rendellenes szövetet. A HDR lényege, hogy rövid idejű, pontosan meghatározott mennyiségű sugárzással kezelje a daganatot, miközben a lehető legkevesebbet érinti az egészséges szövetet. A kezeléssorozat végén a katétért eltávolítják, és nem hagynak radioaktív magot a szervezetben. Pár óra alatt el lehet végezni ezt a műveletet, és nincs szükség többször megismételt kezelésekre. A műtétet gerincvelői érzéstelenítésben végzik.

A HDR brachiterápia korai mellékhatásaként a műtétet követően 10–20%-ban alakul ki húgycsőszűkület és átmeneti vizeletretenció. A késői mellékhatások aránya alacsony. Az inkontinencia 2%, a vérző krónikus végbélgyulladás pedig 5% alatti, a potencia 70–80%-ban megmarad.



A radioaktív magok célterületre juttatása injektortűk segítségével történik a brachiterápiában. A tűk 3D pozicionálását fejlett szoftverek segítik

A brachiterápiának a külső besugárzáshoz képest kevesebb a mellékhatása, mert a dózist hirtelen adják be, és az energialefelvétel közvetlenül az applikátorok környezetére korlátozódik, távolabbi szerveket nem érint. Ennél az eljárásnál azonban műtéti beavatkozásokról van szó: a beteget sokszor altatni kell, érzésteleníteni kell, és vérzések lépnek fel.

Tekintettel arra, hogy a prosztataráksejtek nem egyformán érzékenyek és nem egyformán reagálnak az öket ért dózisa, egy részük ellenálló lehet a sugárkezeléssel szemben, a terápia után kiújulhat. A másik probléma az, hogy nem tudjuk pontosan, hol a daganat határa, meddig tart a beteg rész, hol vannak még elsőrt daganatsejtek és hol kezdődik az ép rész. Ezért még sikeres terápiás beavatkozás esetén is szükség van a rendszeres kontrollvizsgálatra!

Felvetődhet a kérdés, hogy maga a sugárterápia nem idézhet-e elő rákot? Sajnos igen. Azonban, mint minden orvosi eljárásnál, itt is azt kell mérlegelni, hogy mi van nagyobb kockázata. Annak, hogy egy beteg nem kap sugárkezelést, és ezáltal kiújul a betegsége, vagy annak, hogy kap, de bizonyos valószínűséggel 15–20 év múlva majd azon a területen egy rosszindulatú daganat keletkezhet. Ez a kockázatok mérlegelésével jól eldönthető.

Akár külső, akár belső sugárkezelés történik, a betegek szinte mindig fáradtnak érzik magukat. Ez a tünet a kezelés befejezése után még 4–6 hétig is eltarthat. Ennek oka az, hogy a sugárkezelés folyamán a szövetet a szokásosnál több energiát használ fel. Fontos, hogy a beteg táplálkozása kiegyensúlyozott legyen, és a nagyobb mértékű súlyvesztést megelőzze. Ajánlatos ebben az időszakban fehérjékben, vitaminokban gazdag, kalóriadús ételeket fogyasztani.

Mivel a prosztatarák kezelése során a heréket is érheti bizonyos sugárhatás, ez csökkenti a herében termelt spermiumok számát, mozgékonyágát, megtermékenyítő képességét. A sugárkezelés ideje alatt, és az azt követő 2 évben ajánlott a gyermeknemzés elkerülése az ivarsejtekre gyakorolt kiszámíthatatlan károsodások miatt.

Nagyon fontos a már sugárkezelésen átesett betegek további gondozása és a betegség lefolyásának ellenőrzése. A gyógyultnak nyilvánítottaknak félévente, az aktív prosztatarákos betegeknek 3 havonta kell ellenőrzésre járniuk. Ahogyan a nőknek a nőgyógyászati szűrésén, úgy a férfiaknak is évente kellene urológus orvoshoz járni, és elvégeztetni a prosztata és a hererák szűrését! Még tünet- és panaszmentes állapotban is! A prosztatarák talán a „legjobb rosszindulatú” betegség, mert szűrővizsgálata egyszerű, korai felismerés esetén pedig jó eséllyel gyógyítható. ✱

Irodalom

- Romics Imre: A prosztata betegségei. White Golden Book Kft. 2005.
http://www.chemistryviews.org/details/news/10422741/Radioactive_Nanoparticles_Against_Prostate_Cancer.html
 Myriam Laprise-Pelletier, Jean Laguerre et al. Low-Dose Prostate Cancer Brachytherapy with Radioactive Palladium–Gold Nanoparticles. *Advanced Healthcare Materials*. 2017. jan. 24., DOI: 10.1002/adhm.201601120
<http://www.webbeteg.hu/cikkek/daganat/3881/mit-kell-tudni-a-sugarterapiarol>
http://www.chemistryviews.org/details/news/10422741/Radioactive_Nanoparticles_Against_Prostate_Cancer.html

ZELENKA TIBOR

A 2017. év ásványi nyersanyaga

A zeolit

A Magyarhoni Földtani Társulat 2015-ben útjára indította az „Év nyersanyaga” programot. Célja a mindennapjainkban használt ásványi nyersanyagok jelentőségének bemutatása, népszerűsítése, valamint az ismeretterjesztés. A Társulat Nyersanyagföldtani, illetve Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztályának vezetősége a 2017. évre négy jelöltet állított. A mészkő, az andezit, a kvarchomok és a zeolit közül az utóbira érkezett a legtöbb szavazat.

A *zeolit* név a görög *zeo* (forr) és *lithos* (kő) szóösszetételéből származik, mely forrásban lévő követ jelent. Ezt a megnevezést 1756-ban *A. Constedt* svéd ásványkutató adta, aki egy észak-svédországi rézbányában a szép fennőtt kristálylapokkal határolt stilbit (zeolit) ásvány hevítésekor azt tapasztalta, hogy a távozó vizgőztől az ásvány „felfűvődik” miközben a kristályváza megmarad.

Zeolitásványok

A természetes zeolitásványok térrácsos kristály szerkezetű Na, Ca, K kationelem-tartalmú alumínium-szilikátok, melyek tágas-üreges szerkezeti csatornáiban adszorpciósan kötött molekuláris víz van., mely hevítéssel úgy távolítható el, hogy a szerkezeti térrácsa nem omlik össze, mert a szilárd vázát az SiO_4 és AlO_4 tetraéderek különböző formájú kapcsolódása adja. A dehidratált zeolitkristály vízből, vagy páradús környezetből vizet vagy a vízzel ekvivalens mennyiségű folyadékot (sav, lúg), vagy mobilis elemeket (pl: Zn, Cu, Fe, Mn, Hg), vagy gázokat (CO_2 , H_2S , CH_4 stb.) képes utólag felvenni. A zeolit kristályszerkezetek 45 fféle természetes zeolitásvány formájában ismertek. Fizikai és mechanikai jellemzőik a nagy porozitás, a kis sűrűség, a nagy fajlagos felület, termális duzzadó (expandálási) képesség, speciális gravitáció. A többféle zeolitkristályt a kristálylapjaik formája alapján csoportosítják (kockás, lemezes, rostos), melyek eltérő víztartalmuk és negatív töltésük miatt a pozitív kationokat, molekulákat szilárd, folyékony és légne-

mű közegben kedvezően megkötik, illetve leadását lehetővé teszik. A mikroméretű zeolitásványok típusait és azok mennyiségét közetmikroszkópos (elektronmikroszkópos), röntgen, elektron mikroszkopos, EDS stb. módszerekkel, vagy eltérő NH_4 -adszorpciós képességükkel különböztethetik meg. Ez a tulajdonságuk meghatározza széleskörű gyakorlati felhasználhatóságukat is, melyeket a különböző méretű ionok, molekulák cserélhetősége teszi különlegessé. Dehidratáció után súlyuk 55%-nak megfelelő vízmennyiséget képesek felszívni, melyet lassan fokozatosan le is tudnak adni.



Chabazit és dezmin fennőtt zeolitkristályai. Dunabogdány, Csódi-hegy

E reverzibilis tulajdonságaiknak köszönhető, hogy 1949-től világszerte megindult a különböző célokat szolgáló nagy tisztaságú *szintetikus zeolitok* gyártása.

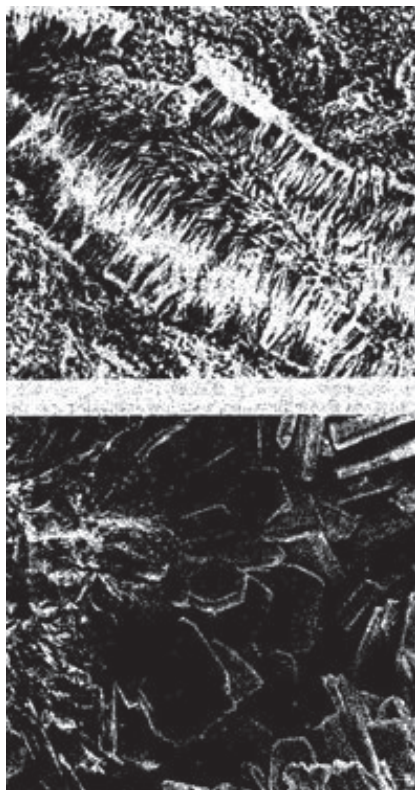
A vulkáni kőzetek, érces utóvulkáni hidrotermális repedéskitöltő ereiben az ásványgyűjtők már több mint 250 éve leírták a szabad szemmel jól látható ásványokat, így a fennőtt zeolitkristályokat is és meghatározták azok tudományos kristálytani jellemzőiket.

A zeolitos kőzetek

Az 1950-es évek világméretű természettudományos fejlődése, így a hazai ásványtani-kémiai elméleti, gyakorlati (nyers-

anyag) és ipari kutatásai során kiderült, hogy a hidrotermális erekben kivált szép zeolitkristályok gyakoriságához képest a zeolitok kőzetalkotóként sokkal nagyobb mennyiségben találhatók a vulkáni üveg-tartalmú, nagy SiO_2 - és alkáliatartalmú riolitos-riodácitos tufákban. Elsősorban a vulkáni üveg hamujából a devitrifikációval (üvegtelepedéssel), vagy hidrotermális átalakulással kőzetté vált üledékekben a tufakőzetekből mikroméretű, tömeges természetes zeolitos kőzetek, zeolitos tufák képződtek. Felismerték, hogy a rómaiak által két évezrede a vulkáni tufákból előállított, víz alatt is kiváló kötési cementek tartóssága, aktív adszorpciós tulajdonsága is a tufákban lévő tömeges (50–80%) mikrokristályos (nanokristályméretű) zeolittartalomtól származik. Ezek a természetes eredetű, mikroméretű, tömeges zeolitok főleg a nagy hőmérsékletű vulkáni tufaárak (ignimbritek) nyitott hidrológiai rendszerében és/vagy alkáli tavi üledékes környezetében a tufa-tufit üvegtermelékei, üvegcszilánkjai, horzszakövei átalakulásából képződtek. Ásványtanilag ezeket a zeolitos kőzeteket a chabazit, klinoptilolit, erionit, mordenit és phillipsit zeolitkristályok sűrű szövődéke alkotja, melyek mennyisége az átalakult kőzet 50–80%-át is elérheti.

Magyarországon több mint 50 éve elsősorban földtani kutatásokkal a miocén korú ártufákban röntgenvizsgálatok alapján (Mándy T., Nemező E., Varjú Gy., 1963) ismerték fel a kőzetalkotó tömeges zeolitos (klinoptilolitos és mordenites) riolitos-riodácitos piroklasztitokat. A földtani kutatások adatai alapján a Tokaji-hegység DNY-i térségében a szarmata riolittufák 1400 méter összvastagságúak, melyekből 3 tufaszint egyenként 150–200m vastag ignimbrites zeolitos riolittufákból áll (Zelenka T., 1964). A Tokaji-hegység ÉK-i részén a sátorlajú-hegyi baglyaskai kőfejtőben felső-bádeni riodácittufa, míg a hegység DNY-i részén Rátka–Mád–Bodrogkeresztúr között alsó-felső-szarmata, a Központi Huták területén az újhuti Flórika-forrásnál össze-sült felső-szarmata riolittufákban találhatók a tömegükben zeolitosodott



Felül dareszköves riolituffában a horzsakövet kitöltő tűs, rostos mordeites zeolitkristály-halmaz elektronmikroszkópi képe 1:2000 nagyításban látható. A horzsakövek szélén lévő tufa üvege részben fehér foltok formájában krisztobalit mikroszemcsékké alakult át. Bodrogkeresztúri – Kakas bánya. (COLAS KFT) (Mátyás E. 1984) Alul horzsaköves riolituffában a horzsakövek belsejében táblás fennőtt klinoptilolitos zeolitkristályok kártyaszerű elrendezésben láthatók. Elektronmikroszkópi kép 1:2000-es nagyításban

piroklasztitok. A riódácitos vulkáni működés tengeri csökkentsősvízi környezetben felhalmozódott nagyobb alkáliatartalmú durvahorzsaköves riolituffaiban (Mád, Harcsatető, Mezőzombor, Hangács, Bodrogkeresztúr, Kakas) mordenites zeolitok, míg ezzel szemben az édesvízi-tavi környezet kalcium-hidrokarbonátos tömör horzsaköves riolituffaiban (Rátka – Koldu, Vasúti köfjők, Mád – Suba oldal, Újhuta – Flóríka-forrás) klinoptilolitos zeolitok képződtek. A szárazulati környezetben felhalmozódott ártufáknak alig van zeolitartalma.

Közettanilag a tufák 90–95%-át vulkáni üvegtörmelékek alkotják, melyekben a horzsakötípusok (makrocsoves, mikrocsoves), az üvegszilánkok (sarló,

táblás) és üveges kötőanyagok vannak. A röntgenvizsgálatok szerint az üveganyag átalakulásakor keletkezett zeolitok mennyisége 50–70, időnként 80%. Mellettük csak 5–6%-t tesznek ki a biotit-, kvarc-, szanidin-, plagioklász-kristályok, kristálytöredékek és a változó mennyiségű (5–25%) felszakított alaphegységi mellékközet, valamint a vörös riolitzárványok és lapillik. Az egykori forró tufaár közete az egyes megolvadt üveges elemek plasztikus összesülése következtében cementált, kemény kötött szövetű, de a zeolitartalom miatt enyhén zöldes-fehér színű. A talajvíz szint feletti oxidációs zónában a horzsakövek agyagásványos alkotói elbomlanak és ezért néhol kipreparálódnak a tufavázból, onnan pedig kihullva „darázsköves–lyukacsos” szerkezetet mutatnak. A ma is a talajvíz (résvíz-) szint alatt lévő primer zónára jellemző, hogy a finomszemű pirttel hintett tufás szakaszok szürke, sötétebb zöld árnyalatúak, tömött szövetűek.

A zeolitképződés földtani-vulkanológiai feltételei

Nemzetközi kitekintés alapján (USGS, 2016) világméretben a fiatal harmad-időszaki (miocén) mediterrán-és a cirkumpacifikus orogén szerkezeti övek riolitos–riódácitos vulkáni piroklasztitjai között mindenütt ismertek tömeges zeolitos közegek. Megállapítható, hogy a Kárpát-Balkán-régió miocén vulkanitjaiban is az egykori lemeztektonikailag preferált szigetengeri vulkáni, sekélytengeri piroklasztitokban a magas szilícium-dioxid- (>65–75%) és alkáli-, földalkáli- (>6–8% Na, K, Ca) elemtartalom a zeolitképződést elősegítette.

Vulkanológiai szempontból Magyarországon a Mecsek–Dunántúli- és az Északi-középhegység területén az egykori sekélytengeri környezetben a hullott riolituffák mellett több mint 13 zeolitos riolituffa-lelőhely ismert. Ezek létrejöttét a vulkáni működés kezdeti heves (freatomagmás) kitöréskor az egykori riolitdómokból az előtér síksága irányába lezúduló piroklaszt- (ignimbrit-) á

rák szakaszai követték. A jelenlegi tufafeltárások alapján az egykori jellemző vulkáni kitörési szakaszok közel azonos rendszere ma is felismerhető. A zeolitos riolituffa-feltárások fúrásai és a köfjők kőzetfal adatai alapján a Tokaji-hegységben a terület részletes vizsgálatai ásványtanilag a tufákban két fő kőzetalkotó zeolitpust (klinoptilolit és mordenit) mutattak ki (Mátyás, 1977). A sekélytengeri vízben felhalmozódott zeolitok főleg mordenitesek, míg a kitörési központok közeli alkáli tavakban klinoptilolitos zeolitok képződtek. Az eddig földtani módszerekkel megkutatott 13 db zeolitos riolituffa-lelőhely közül négynek a képződését (Bodrogkeresztúr–Kakas, Rátka, vasúti bánya, Mezőzombor 1. fúrás, Újhuta–Spalanyicavölgy) az irodalmi adatokkal összhangban vulkanológiaiailag újraértelmeztük (Zelenka, 2014).

A kezdeti kitörés termékei közel vízszintes, többszörösen váltakozó 0,4–2,5 méter vastag tufitos alapi torlóár üledékek, azokra települnek a riolitzárványos felszíni torlóár-üledékek. Ezt követően a lávadómok felnyomulásával egy időben a fő freatomagmás (heves) kitöréskor a vulkáni dómlejtők oldalán (Mátyás E., 1977) 20–25, néhol 37°-kal települő 30–80 m vastag fekvő és saját-kőzet-zárványos „coignimbrit” breccsás piroklaszt-árak képződtek, végül felül



A Rátka-koldui zeolitbánya (Geoproduct Kft.) A zeolitos riolituffa tömbjeiben a zöld klinoptilolitos tömör kötőanyagban láthatók az ovális horzsakövek és az íves üvegszilánkok

20–40 méter vastag kristálytörmelékes riolit lapillis összesült piroklaszt-árak halmozódtak fel. Az ignimbrites árák befejezését a hamufelhő torlóár tufitos-kavicsos 1–5 méteres padjai jelzik (Zelenka, 1997, Zelenka et al., 2012), bár ezek a felszínközelségben utólagosan erodálódhattak. Ezek zeolitartalma változó lehet.

A zeolitos riolituffa felhasználási területei

A természetes zeolitos kőzetek bányászati termelése nemzetközileg (USGS, 2015) meghaladta az évi 2,7–3,2 millió tonnát, melynek kb. 80%-át jelenleg DK-Euráziában (Kína, Dél-Korea) építőköként hasznosítják. A korábbi évszázadokban Kelet-Európában, így Magyarországon is a zeolitos riolituffát jó faraghatósága, viszonylag kis térfogatsúlya, és a porozitásából adódó kedvező hő- és hangszigetelő képessége miatt a miocén riolituffa területeken házak, kertfalak építésénél használták. Ma az építők mellett a feldolgozott természetes zeolitok felhasználása világméretben valamivel meghaladja az évi egymillió tonnát. Magyarországon az ásványvagyon-nyilvántartás alapján az 1970-s évektől a termelésük évi 25–40 ezer tonna között változott. Összehasonlításképpen: 2015-ben az USA 75 ezer tonna természetes zeolitot termelt, míg a magyar termelés 23,172 ezer tonna volt (MBFH, Ásványvagyon Nyilvántartás).

Az 1960-as évektől a kedvező fizikai és kémiai adottságai (ion- és molekulaszűrő, ioncserélő-képesség stb.) miatt a zeolitos tufák tört, őrölt anyaga világszerte az ipar, a mezőgazdaság, majd az egészségvédelem, a környezetvédelem egyik fontos nyersanyagává vált. Bizonyos ipari feldolgozásoknál a költségesen előállított nagy tisztaságú és nagy zeolit tartalmú mesterséges szintetikus zeolitokat alkalmazzák (katalizátorok, hűtőipari adszorbensek stb.).

A feldolgozott természetes zeolit-örlemények fontosabb alkalmazási területei a következők:

- takarmányadalékként elsősorban, a kisállati alom (macskaalom) szagtalanítására, valamint takarmány-kiegészítőként a káros emésztőszervi gázok megkötésére alkalmazzák

- szennyvíztisztításnál, szennyvíziszapkezelésnél – a szerves anyagok és a nehézfémek megkötésével kiváló adszorpciós szűrőnek bizonyultak

- ivóvizeknél a zeolit ioncserélő képességének köszönhetően a víz keménységét csökkentik

- fagyos, csúszós utak, járdák jég- és síkosság-mentesítése 0,5–1 mm-es örlemény kiszórásával történik, mert a tört zeolit a sónál hatékonyabb csúszásgátló és nem korrodálja a fémeket

- uszodavíz szűrése, 0,7–1,2 mm-es zeolitörleménnyel, kerti tavak szűrése, akváriumok vizének ammóniamentesítése 5–8 mm-es zeolitörleménnyel hatékony és



A bodrogkeresztúri Kakas-hegy kb. 100 m vastag, több ütemben felalmozódott zeolitok (mordenites) horzsaköves coignimbrit riolitártufa bányafala a rátelepülő rétegzett torlóár-padokkal (COLAS Északkeleti Kft. bányája) (A szerző felvétele)

nem környezetkárosító

- talajjavítás érdekében a talajba juttatott ioncserélő zeolitok javítják a mikroelem-pótlást, a talajok víz-levegő átjárhatóságát, valamint elősegítik a hiánybetegségek megelőzését

- egészségjavítás, immunjavítás, emésztéssegítés, hasmenés, puffadás megszüntetése zeolitos mikroörleményekkel (a „gyógyító ásványok” készítményeivel) általában bevizsgáltan biztonságosan alkalmazható

- a zeolitos fogpor mikroörlemény fog- és ínybetegség megelőzésére

- zeolitos porok, ill. kenőcsök a genyenes sebek, lábszárfelekétyek tisztítását nedvszívással, ozmotikus hatásával a bőr (hám) szöveteinek tisztítását, közvetve az ödémák felszívódását és az izületi panaszok csökkentését segítik elő.

- folyadékok szűrése, étolajderítés, borderítés szennyező elemi alkotók adszorpció megkötésével

- radioaktív gázok adszorpció megkötése – a csernobili szarkofágot 80 000 tonna tört szekleenci (Kárpátalja) zeolittal töltötték fel a még keletkező sugárzás Cs-137 radioaktív izotópjának adszorbeálására

- adszorpciós hűtőszekrényeknél a zeolitörlemények a vízelvonással, páratlanítással elősegítik a szárítást

- a vegyiparban a nagytisztaságú mesterséges zeolitok ion- és/ vagy molekulaszűrő adszorpciós képességéget használják fel

- mesterséges zeolitokat használnak a benzinyártásban krakkolásnál, a mosóporgyártásban és a napelemek páratlanításában.

Összefoglalva, mind nemzetközileg, mind Magyarországon a természetes zeolitok (zeolitos tufák) több iparágban, a mezőgazdaságban, a környezetvédelemben, az egészségvédelemben, valamint az építőiparban stb. bizonyítják, hogy a XXI. század emberének modern, korszerű életéhez hozzátartozik a széleskörű alkalmazásuk.

Magyarország természeti adottságai alapján kedvező zeolit-ásványvagyonnal rendelkezik és a XX. század végétől felnőtt egy olyan geológus-, bányász-, fiziko-kémiai –technológiai ismeretekkel rendelkező, a zeolitvizsgálatokban és -alkalmazásban jártas szakembergárda, illetve létrejött néhány új termelő, feldolgozó-gyártó cég, akik és amelyek a hazai zeolitigények mellett termékeikkel külföldön is piacépesek.

Végezetül meg kell emlékeznünk a 2012-ben elhunyt Mátyás Ernő geológusról, egyetemi docensről,

aki az 1970-s évektől igen nagy tudásával, óriási erő- és anyagi ráfordítással szorgalmazta és kidolgozta a zeolitok minél szélesebb körű hazai felhasználását. 1984-ben ő alapította a Geoproduct Kft-t mint az első hazai zeolittermelő és -feldolgozó céget. ☺

Néhány vulkanológiai fogalom:

- **ártufa:** vulkáni robbanásos kitöréskor a kitörési kúrtóból a hegy-láb felé kizúduló törmelékár (piroklaszt-ár)
- **ignimbrit:** vulkáni forró kitörési felhő törmelékára, melyben az üveges, kristályos alkotók a hegyláb területén lerakódva saját hőtartalék és gáznyomás hatására ásványosan utólag még összetapadnak, összesülve egybeolvadnak (pl. zeolitosodnak)
- **torlóár:** vulkánkitöréskor a kitörési felhő frontján sodródó finomszemű törmelék (piroklasztit)
- **coignimbrit breccsa:** a kitörési kúrtó közelében a forró felhőárból visszahulló durva törmelék

Irodalom

- Nemecz E.–Varjú Gy. (1963): Sodium bentonitization, clinoptilyzation and adularitization. Acta Geol. VI. 3-4.p. 389-427.
- Németh K.–U. Martin: (2001) Gyakorlati vulkanológia. MÁFI kiadvány
- Papp J.–Mátyás E. (1979): Új ásványi nyersanyag: a zeolitok. BKL. Bányászat.112. 5.sz. p. 335-348.
- USGS 2015. Minerals Year book. Zeolites. 2016. 841-844.
- Zelenka T.: (2014) A Tokaji-hegységi zeolitos riolituffák közzetana és vulkanológiai felépítése (Közzetani vándorgyűlés kiadványa.)
- Zelenka et al (2012): Paleovolcanic structures of Tokaj Mountains. Central European Geology. Vol. 55-1. pp:49-84.

Barátot, segítőtársat veszítettünk

Hecht Annára emlékezünk

Azon a héten folyóiratunk diákpályázatának díjátadó ünnepségére készültünk, tehetséges fiatalok és felkészítő tanáraik köszöntésére, amikor a szomorú hír elérte minket. Március 7-én este, Somorján elhunyt *Hecht Anna*, a jeles pedagógus, a szlovákiai magyarság szellemi életének tápláló éltetője, a kedves, szeretni való ember. Az emlékezet élesen rajzolja elénk alakját. Kedvesen mosolyog. Szeme értelmesen, vidáman csillog. Mindig tenni kész. Közösségi ember, közösségeket épít. Fáradhatatlan.

Sopronban találkoztunk először, 1991-ben, ahol egy érdekes posztert mutatott be az ógyallai csillagvizsgálóról. Deákiba, 1994-ben már Hecht Anna meghívására mentünk, a Szlovákiai Magyar Pedagógusok III. Nyári Egyetemére. Ott Bencze Gyulával és Radnai Gyulával együtt Természet Világa „mezében” tartottunk előadást a szkeptikus gondolkodásról, a jelenhez szóló fizikátörténetről, a természettudományos és a humán műveltség kapcsolatáról, valamint a folyóirat sikeres kezdeményezéséről, a Természet–Tudomány Diákpályázatáról. Deákiban kezdtük el közösen szólni a felvidéki iskolák és Természet Világa közötti hálót. Hecht Anna megteremtette a lehetőségét, hogy minden szlovákiai magyar tannyelvű középiskolába, valamint a galántai és a dunaszerdahelyi alapiskolákba alapítványi támogatással több évig eljuttathassuk a folyóiratunkat. Ettől kezdve a felvidéki iskolákból is elkezdtek érkezni a diákpályázatok, fiataljaik éveken át több díjat is nyertek.

A sikeres együttműködés örömét osztotta meg ezután Anna az „Értékek találkozásai. A Természet Világa Szlovákiában” című írásában. Többek között ezt írta: „A szlovákiai diákpályamunkák sikerein felbuzdulva az SZMPSZ elnöksége támogatta azt a gondolatot, hogy szervezzünk közösen előadásorozatot a reáltárgyakat oktató pedagógusaink és tehetséges diákjaink számára. Létrejött a sorozat terve, s a Természet Világa rövidesen jobbnál jobb előadókval és témákkal jelenhetett meg a somorjai, a pozsonyi, a nagymegyeri, a révkomáromi gimnáziumban, a Kassai Ipariskolában, a Dunaszerdahelyi Mezőgazdasági Szakközépiskolában. Ízelítőül az előadók és előadások listája: *Balázs Nándor*: Káosz és



Forrás: a Csemegek honlapja

kvantumfizika; *Beck Mihály*: A szén új módosulatai, A fullerének felfedezése; *Both Előd*: Magyarok a világűrben; *Horváth Gábor*: A látás fizikusszemmel; *Jánosi Imre*: A homok rejtélyes halmazállapotai; *Koch Sándor*: Az anyag élete, az élet anyaga; *Németh Géza*: Milyen a világ geográfusszemmel? Alaszka; *Radnai Gyula*: Karinthy és a fizika, Mágneses mérések az Eötvös-ingával, Szilárd Leó iskolái, Fizikai játékok és látszólagos örökmozgók, Hangtani játékok, 150 éve született Eötvös Loránd; *Scheuring István*: Hogyan védekezik az élővilág a káosz ellen? *Staar Gyula*: Az emberarcú tudomány, Hogyan publikálhat egy tehetséges diák? *Vekerdi László*: Így él Galilei.”

S hogy a tanárjaik és diákjaik érdekében mily ügyesen, ötletes szervezéssel oldotta meg az oktatást segítő anyagok szétosztását, arra álljon itt egy levélrészlet 2006-ból: *Kedves Gyula! Köszönöm, megkaptuk az általad a felvidékieknek szánt DVD*-ket. Megkezdtem a szétosztásukat azzal, hogy a SZMPSZ Nyári Egyetemének ünnepélyes megnyitóján, Dunaszerdahelyen vasárnap, július 9-én este külön szót kértem a színpadon, elmondtam, hogy a Rozsnyón megkezdett középiskolai tehetséggondozás téma újbóli felvetése után, folytatásaként a Természet Világa jóvoltából ismét ajándékot kaptunk, nemcsak a DVD-eket, hanem a TV különszámát is.*

Az első példányokat ünnepélyesen Hulkó Gábor egyetemi tanárnak, Dunaszerdahely egyik alpolgármesterének ott a megnyitón nyújtottam át azzal, hogy felelevenítettem, ő volt az irodalmi ká-

* „Einstein befejezetlen szimfóniája” című tudományos ismeretterjesztő film.

véházban a beszélgetőpartneretek, amikor az Élet és Tudomány főszerkesztőjével és a kitűnő tudóscsapatával együtt nálunk jártatok.

A Nyári Egyetem résztvevői az ajándékokat a főszervező alapiskola igazgatónöfjétől, Csölle Teréz asszonytól veszik át, iskolánként egy DVD-t, azzal, hogy felírják az iskola koordinátáit, az igazgató nevét és a fizikatanár nevét, akinek otthon átadják. A középiskolák egy fizika-külońszámot is kapnak. Pénteken összegzem azokat a középiskolákat, amelyek számára a résztvevők elviszik a küldeményt, a többiek számára szép levelet írok és postán juttatom el a külöńszámot és a DVD-t (természetesen egy fénymásolatot is a diákpályázatokról a legfrissebb számból – ezt Csölle Teréz is kiosztja majd Dunaszerdahelyen). Dr. Rácz Istvánnak külön személyesen is megköszönöm, hogy gondolt ránk az ajándék DVD-vel, és már megbeszéltem Pék László elnökkel, hogy az ő aláírásával is megy egy köszöńlevél a Szlovákiai Magyar Pedagógusok Szövetsége nevében.

Ami a titulusomat illeti, az RNDr. (természettudományok doktora cím, ez tulajdonképpen egy kis doktorátus, matematikából a Komensky Egyetemen, Pozsonyban két éves posztgraduális tanulmány után tettem le a vizsgákat és védtem meg egy dolgozatot a metrikus terekből és az irracionális számok approximációjából 1983-ban, miközben 1972-ben szereztem egyetemi diplomát ugyanott.) Jelenleg a Nagyszombati Kerületi Tanügyi Hivatal elöljárója vagyok, akit az előző kormány elnöke nevezett ki, közvetlen felettesem az oktatási miniszter. A Szlovákiai Magyar Pedagógusok Szövetségében májusban tisztújító közgyűlés volt, ismét alelnökké választottak három társammal együtt...

Sok szeretettel üdvözöllek és várom, hogy elhatározzátok, augusztus végén vagy szeptember elején eljöttök Nagyszombatba, amíg itt vagyok.

Üdvözlettel: Anna”

Természetes, hogy emlékezésem útjai a közös világvonalkunk mentén haladnak, de tudom, hogy ez a fáradhatatlan ember más közösségeket is összefogott, vezetett.

A Szlovákiai Magyar Adatbankból idézik: „A somorjai, majd a dunaszerdahelyi zeneiskolát zongora tanszakon látogatta. 1993 nyarán, Kecskeméten, a Kodály Intézet nemzetközi karvezetőképző tanfolyamán Erdei Péternél, majd 1994-ben a budapesti Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola egyházzenei tanfolyamán Dobszay Lászlónál szerzett tanúsítványt. A somorjai gimnáziumban 1980-ban leánykart alapított, és 1992-ig vezette. A *Szlovákiai Magyar Pedagógusok Vass Lajos Kórusának* 1989-től tagja, a szoprán szólam éneke, majd 1992 januárjától szólamvezetője és vezetőségi tagja. 2006-ban a kórus elnökévé és ügyvezetőjévé választották. 1973-tól éneke és szólamvezetője, majd vezetője és karnagya a somorjai *HID Vegyeskarnak*.”

Amit még a hirek.sk hírportál nyomán elmondhatunk róla: „1999-től négy éven át tagja a szlovák kormány által működtetett Nemzeti Kisebbségek és Etnikai Csoportok Tanácsának. Somorja városi képviselőtestületének tagjaként az 1990–1994-es választási időszakban az oktatási és kulturális bizottság elnökének feladat-körét látta el, az 1998-tól 2002-ig terjedő választási időszakban pedig az oktatási és vallásügyi bizottságban, valamint a sport- és kulturális bizottságban tevékenykedett. Nyugdíjasként 2006-tól 2015-ig a városi hivatal oktatásiügyi főosztályán dolgozott.

A 2001-ben megalapított Somorja és Vidéke Kulturális Társulásban az anyanyelven való művelődés fontosságát, az anyanyelv ápolását hangsúlyozó programok vezetője.

Díjai és kitüntetései: Felvidéki Magyar Pedagógus Díj (2005), Csemadok Közművelődési Díj (2014), Gubcsi Lajos Ex Libris Díja (2014), Szlovákiai Magyar Pedagógusok Szövetsége Díja (2015), Magyar Arany Érdemkereszt (2016).”

Lehetetlen felsorolni együttműködésünk minden állomását. Az emlékezete-
sek közül még csak kettőt említek. 2007 novemberében, Dunaszerdahelyen mi is közreműködtünk az általa sikeresen megszervezett TUDOK vetélkedőn. 2010. december 15-én pedig eljött szerkesztőbizottságunk szokásos év végi ülésére, és lélekemelően beszélt arról, hogy mit jelent a határainkon túli tanárok és diákok számára a Természet Világa, mit ad nekik ez a folyóirat. Sajnos, ezután a sokasodó teendőink, gondjaink megriktították közös akcióinkat.

Hecht Anna igaz barátunk volt. Olyan barát, aki Márai szavaival „ígéret nélkül, egy életre jó társ a másikért.” Most már elment Ő is. Ismét kevesebbek lettünk egy jó baráttal.

STAAR GYULA

KÖZEPES FEKETE LYUK

A kis fekete lyukak néhány naptömegűek, és a nagy tömegű csillagok fejlődésének végállapotát jelentik. Az óriás fekete lyukak sok millió vagy akár néhány milliárd naptömegűek, és a galaxisok magjában helyezkednek el. Mindkét típus létezésére találtak már csillagászati bizonyítékot. Legújabbban úgy tűnik, hogy a kettő közé eső nagyságú fekete lyuk létezését is sikerült – legalább közvetett – megfigyelésekkel igazolni (korábban is találtak már erre vonatkozó, de nem elég meggyőző bizonyítékokat). Most a *Harvard-Smithsonian Asztrofizikai Központ* egyik csillagásza a déli égbolt Tukan csillagképében látható, 15 ezer fényévre lévő 47 Tucanae gömbhalmazt vizsgálta meg – ez a Tejútrendszer legnagyobb, körülbelül egymillió csillagból álló gömbhalmaza. A megfigyelések elemzéséhez olyan matematikai módszert használt, amelyet az 1950-es években a Nemzetbiztonsági Ügynökségnél az információk hiányos adatokból történő kinyerésére fejlesztettek ki (Kullback–Leibler-divergencia). A gömbhalmazhoz tartozó 25 pulzár mozgásának elemzésével elkészítették a halmaz dinamikai modelljét. Megállapították, hogy a pulzárok túl gyorsan mozognak a halmaz belsejében található csillagok számához (gravitációjukhoz) viszonyítva. Matematikai módszerükkel kimutatták, hogy a rendellenes mozgás megmagyarázható, ha a halmaz középpontjában mintegy 2200 naptömegű fekete lyuk helyezkedik el.

Egyesek kétségbe vonják az eredményt, erősebb bizonyítékot szeretnének látni. Együtt valamilyen hipotézist kellene találni, hogyan jöhetnek létre az ebbe a mérettartományba eső fekete lyukak. Szerintük a halmaz középpontja felé tömörülő nagytömegű csillagok egymással egyesülve szupernagy tömegű csillagot alkothatnak, amelynek jelenléte a halmaz középpontjában ugyancsak magyarázatot adhat a megfigyelt dinamikai sajátosságokra. Az ehhez szükséges méretű csillagok asztrofizikájára viszont egyelőre nincsenek elképzelések sem.

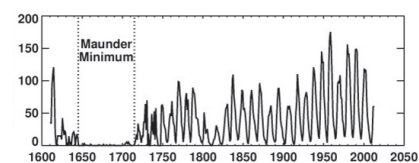
(www.skyandtelescope.com, 2017. február 8.)

FOLTSZEGÉNY NAP

A naptevékenység csökkenő tendenciát mutat, a jelenlegi (24.) napfoltciklus maximuma 2013-ban volt, néhány éven belül várható a minimum. Tény, hogy a 24. ciklus maximuma olyan gyenge volt, amilyenre az elmúlt 100 évben még nem volt példa. Bár a naptevékenység egyelőre alig jelezhető előre, azonban egyes kutatók attól tartanak, hogy a 25. ciklus 2020-as évekre várható maximuma még a 2013-asnál is gyengébb lehet. Egyesek egy újabb *Maunder-minimumot* vizionálnak,

legalábbis a maximumok 1950-es évek óta tartó folyamatos gyengülése alapján elképzelhetőnek tartják, hogy az 50 éven belül bekövetkezik. A Maunder-minimum a XVII. század második felében volt, amikor mintegy 70 éven át egyáltalán nem jelentek meg foltok a Napon, úgymond „szünetelt a naptevékenység”. Akkoriban ezt csak a napfoltok hiányából lehetett megállapítani, most technikai lehetőségeink a Nap minden hullámhossz-tartományra kiterjedő, folyamatos és alapos vizsgálatát teszik lehetővé. A Maunder-minimum egybeesett a középkori ún. kis jégkorszakkal, de ma a kutatók valószínűbbnek tartják, hogy csak véletlen egybeesésről lehetett szó.

Ennek ellenére a *Readingi Egyetem* (Egyesült Királyság) kutatói számítógépes modellt készítettek az elmúlt 30 év naptevékenységére, abból következtetni próbáltak arra, milyen lehetett az üridőjárás 400 évvel ezelőtt. Ebből viszont arra próbáltak következtetni, mi várható, ha a naptevékenység a jövőben valóban tartós és mély minimumot



A Maunder-minimum és a napfoltok száma

ér el. Kevesebb napfolt lesz, gyengül a nap-szél, általában csökken a mágneses tevékenység és kevesebb lesz a sarki fény, ami pedig lesz, az a mostaninál erőteljesebben koncentrálódik a sarkvidékre.

(www.skyandtelescope.com, 2017. február 14.)

A GINKGO BILOBA KORAI ROKONAI

Egy nemzetközi kutatócsoport a sokak által ismert, jellegzetes levelű *Ginkgo biloba* korai rokonát azonosította Ázsiában. A jó megtartású maradványok segítenek megérteni az ősi magvas növények evolúcióját és diverzitását is. A kora-kréta (100–125 millió éves) *Umaltolepis mongoliensis* fossziliákat Mongólia középső részén fedték fel szenes üledékekben. A több száz jó megtartású maradvány alapján a növény szára és levelei a páfrányfenyőhöz hasonlítottak, a magjai azonban nemcsak a Ginkgo-tól, hanem minden ismert élő és fosszilis növénytől különböztek. A páfrányfenyőnek nagy magjai vannak húsos külső burokkban, míg az *Umaltolepis*nek kisméretű szárnyas magjai voltak. Kifejlődés közben a magokat egy kemény, csaknem teljesen zárt, gyantaszzerű tok védte, ami csak



Umultolepis mongoliensis

a magok kibocsátásakor nyílt ki. A kutatók hasonlóságot találtak két kihalt növénycsoporttal (Peltaspermales és Umkomasiales), amelyek a páfrányfenyők evolúciós vonalába tartozhattak. A Ginkgo biloba lehet a legutolsó élő tagja egy olyan csoportnak, ami a mezozoikumban még sokkal változatosabb volt. Ugyanazon a lelőhelyen a kutatók további fontos növénymaradványokat is találtak a mocsári ciprusok és a különböző ma élő fenyőfélék rokonságából, sőt ma élő rokonokkal nem rendelkező túlevőket is felfedeztek. A paleontológusok már régóta ismernek számos kréta időszaki dinoszauruszt Mongóliából, de csak most tudtak meg többet azokról a növényekről, amelyeket ezek a dinoszauruszok fogyasztottak.

(PNAS, 2017. március 8.)

FURA HALAK ÚSZKÁLTAK DÉL-KÍNÁBAN

Az ismeretterjesztő irodalomban a devon időszakot a halak korának szokták nevezni, mivel ekkor ugrásszerűen megnőtt az állkapcsos halak gyakorisága és változatossága. Most azonban egy szokatlan, pikkelyekkel és fogakkal rendelkező ősi halat találtak a kínai Kuanti Formációban, ami ettől korábban élt. A szilur időszakból eddig csak nagyon töredékes halfossziliákat ismertek, ami megnehezítette a korai evolúciójuk megértését. A Jünnan tartományból leírt késő-szilur (423 millió éves) Sparalepis tingi mindössze a második szilur időszaki csontos hal, amit nem csak töredékek alapján ismerünk. Az új hal (a vele egyidős Guiyuhoz és a kissé fiatalabb Psarolepishez hasonlóan) tuskét viselt a hátán a mell- és a medenceövnél, amiről korábban azt gondolták, hogy csak a páncélozott halakra (Placoderma) jellemző. Ez a csoport utal az izmosúszójú halak (Sarcopterygia) korai radiációjára, a modern tüdőhalak, a

bojtosúszósok és a Tetrapodák korai rokonaira. A Sparalepisnek különleges alakú, magas, vastag és keskeny pikkelyei voltak, amelyek úgy illeszkedtek egymáshoz, mint a katonai páncél egyes elemei.

(PLoS ONE, 2017. március 8.)

A FÉMEK HATÁSA AZ ÖRÖKLÉSRE

Néhány éve sikeresen használnak fémvegyületeket – többnyire platinavegyületeket – kemoterápiás szerként bizonyos típusú rákos megbetegedések kezelésére. Új, még hatékonyabb tumorellenes szerek keresésének útjában gyakran az a tény áll, hogy hiányzik azoknak a molekuláris mechanizmusoknak a megértése, amelyek ezeknek a fémvegyületeknek alapjául szolgálnak. A Bécsi Egyetemen egy nemzetközi kutatócsoport *Leticia González* vezetésével kifejlesztett egy eljárást, hogy megfigyeljék a fémvegyületek celluláris genotípussal való kölcsönhatását.

A rák elleni küzdelemben évente kémiai vegyületek ezreit fejlesztik ki és vizsgálják azok potenciális hatékonyságát a daganatok ellen. Ha valamelyik szert hatékonyan találják, rendszerint évekig tart, amíg az új hatóanyagot gyógyszerként jóváhagyják és betegeknek alkalmazhatják. Az engedélyezés folyamata többek között azért is tart olyan sokáig, mert általában nagyon nehéz követni egy hatóanyag emberi sejtekben megtett útját. Ennek következtében a lehetséges mellékhatások nehezen jósolhatók meg előre és csak költséges kísérletekkel térképezhetők fel.

A Bécsi Egyetem kutatócsoportja az Uppsalai Egyetemen és más nemzetközi partnerekkel együttműködve létrehozott egy szabályrendszert, amellyel egy szervezeten belül nagy pontossággal nyomon követhető a fémtartalmú gyógyszerek biomolekulákkal való kölcsönhatása. Első lépésben speciálisan generált röntgensugarak segítségével meghatározták azt a helyet, ahol a gyógyszer sejten belül kötődik. Második lépésben pedig komplex számítógépes szimulációk segítségével megkísérelték tisztázni az adott kapcsolódási hely választásának okát.

A kutatóknak már sikerült alkalmazniuk ezt a szabályrendszert egy olyan gyógyszernél, konkrétan a platinatartalmú hatóanyagok családjából származó „PT103” vegyületnél, melynek daganatellenes hatása ugyan ismert, de pontos hatásmechanizmusa még nem tisztázott. Eddig azt feltételezték, hogy az anyag kölcsönhatásba lép a sejtek genetikai anyagával, és általánosan negatívan befolyásolja a sejtsztódás során a genetikai kód továbbadását. Most azonban bizonyítást nyert, hogy a hatóanyag egy

különleges, a kutatók számára váratlan helyen kötődik, másrészt sikerült tisztázniuk, hogy miért éppen ezeket a speciális helyeket választják a kötődésre. Ennek a felismerésnek köszönhetően lehetővé válik a kemoterápiás szerek működésének behatóbb megismerése és segíthetnek abban, hogy új és hatékonyabb gyógyszereket fejlesszenek ki.

(www.medienportal.univie.ac.at 2017. március 21.)

MELEGEBB A FÖLDKÖPENY?

A földköpeny felső rétegének hőmérsékletét eddig 1310°C körül becsülték, ám a Woods Hole Oceanográfiai Intézet és az MIT kutatói egy nemrégiben elvégzett kísérlet alapján mintegy 60 °C-kal magasabb értéket kaptak. Habár nem tűnik nagynak a különbség, a köpeny anyagát alkotó kőzet tulajdonságai szempontjából jelentős, ettől függ a viszkozitás és a rugalmasság. A köpeny vizsgálatához a földrengések terjedési sebességét, az elektromos vezetőképesség változásait, illetve az óceáni hátságoknál felszínre jutott magmás kőzetek laboratóriumi méréseit használták. Az utóbbihoz a földköpenyt alkotó peridotit mintákat a laborban a föld mélyén uralkodó nyomásnak tették ki, s így mérték meg az olvadáspontot - ezt azonban csökkenti a kőzetek víztartalma. A korábbi ilyen kísérletek során „névlegesen száraz” kőzetet használtak, s utólag korrigálták a mért adatokat a becsült víztartalom függvényében. A vízméntesként használt kőzetminták azonban ismeretlen arányú vizet tartalmazott, viszont a peridotitot alkotó olivin- és piroxénszemcsék olyan kicsik, hogy egyedileg nem lehet vizsgálni őket, és így a hőmérsékleti adatok korrekciója során duplán számolták a víztartalmat – a valószínűleg alacsonyabb eredményeket kapva.

A mostani laborkísérletek során ezt a problémát úgy kerülték ki, hogy a peridotitot olyan, kb. 300 mikron átmérőjű tiszta olivinkristályokat adtak, amelyeknek a pontos víztartalmát ismerték. A kapott keverék víztartalmát megmérve azután kiderült, hogy mennyi víz volt jelen a felhasznált peridotit kőzetmintában, s ezzel pontosítani lehetett a korábbiakban túlkorrigált adatot is. Az így kapott olvadáspont (1370 °C) ráadásul egybeesett a kb. 86 km mélységben mért, a kőzetek olvadási helyét jelző anomáliával.

Az, hogy az óceáni hátságok alatti földköpeny hőmérséklete magasabb a korábban gondoltnál, néhány eddig felmerült tektonikai kérdésre is választ ad, s megerősíti azt, hogy a lemezmozgásokat a köpeny hőmérséklete hajtja.

(Science, 2017. március 3.)

AZONOS GÉNVÁLTOZÁS HOZTA LÉTRE A PANDÁK HÜVELYKUJÁT

Az óriás panda (medveféle) és a vörös panda (menyétféle) igen távoli rokonok csupán, közös hűsevő ősök bő 40 millió éve élt, azonban mindkét állatfaj bambuszszal táplálkozik. Az azonos környezeti hatásnak köszönhetően a konvergens evolúció példaként mindkettőnél kialakult egy, a hüvelykujj szerepét betöltő kinövés: a kéztőcsont módosulása, ezen ál-hüvelykujj segítségével tudják megragadni a bambusz hajtásait. A Kínai Tudományos Akadémia Zoológiai Intézetének genetikusai a két állatfaj genomját összevetve nyomokat kerestek arra, hogy milyen gének módosulása felelhet az ál-hüvelykek létrejöttéért. Egy 70 génből álló lista született, e gének mutatták evolúciós változások jeleit mindkét, genetikailag távoli faj esetében. Két gén, a DYNC2H1 és a PCNT a végtagok fejlődésében játszik szerepet, ezek mutációi csont- és izomfejlődési anomáliákhoz – például extra ujjak kialakulásához vezethetnek egerek vagy emberek esetében. A kutatás eredménye szerint a



Óriás panda és vörös panda

DYNC2H1 és a PCNT által kódolt fehérjékben egyetlen aminosavnyi eltérés mutatkozik mindkét panda esetében, s ez az eltérés 60 más emlősfajnál nincs jelen. A kutatócsoport véleménye szerint e gének felelnek az ál-hüvelykujjakért. Emellett 7 másik olyan génváltozatra is bukkantak, amelyek szintén a konvergencia okán jöttek létre az állatokban, és a bambusz emésztésében alapvetően fontos enzimek kialakulásáért, illetve a speciális összetételű tápanyagainak felszívódásáért felelősek. A vizsgálatok során az is kiderült, hogy az étrendváltás hatására mindkét, hűsevő ősből függetlenül kialakult pandánál inaktíválódott a hűsevésben fontos szerepet játszó íz, az ún. umámi érzékelésért felelős TAS1R1 gén is.

Habár a hüvelykujjak hasonlósága már régen felkeltette a kutatók érdeklődését, korábban a vörös panda genomja nem állt rendelkezésre, így nem volt lehetőség

olyan összehasonlításra, amelyből kiderült volna a konvergens evolúció genetikai nyoma.

(PNAS, 2017. január 16.)

MÁSOLÁSI HIBA

Bármilyen tökéletes a környezet, véletlenszerű DNS másolási hiba mindig előfordul. A Johns Hopkins Egyetem kutatói egy új tanulmányban számoltak be arról, hogy a rák kialakulásáért felelős mutációk nagyjából kétharmada előre nem látható DNS másolási hiba következményként jön létre. Eredményeikhez egy, a DNS-szekvenáláson alapuló új matematikai modellt és világméretű epidemiológiai adatokat használtak fel. Kevésbé ismert, hogy minden normális sejtosztódás során többszörös hiba léphet fel. A másolási hibák lehetséges forrásai a daganatos mutációknak, ezt az ismeretet azonban eddig tudományosan alábecsülték. Továbbra is ösztönözni kell az embereket arra, hogy kerüljék a daganatok kialakulásában kockázati faktorként szerepet játszó környezeti és életmódbeli tényezőket, ennek ellenére sok embernél továbbra is ki fog alakulni a rák, a véletlenszerű DNS másolási hibák miatt. Következtetések összhangban állnak az epidemiológiai adatokkal, miszerint a rosszindulatú daganatok kb. 40%-a megelőzhető lenne az egészséges környezettel és életmóddal.

A vizsgálat során 32 ráktípushoz tartozó mutációt elemeztek. A rák kialakulásához általában két vagy több kritikus génmutáció szükséges. Ez létrejöhet a véletlenszerű DNS másolási hiba, a környezet vagy öröklődés miatt. Például a hasnyálmirigy rákot okozó mutációk 77%-áért a hibás DNS-másolás, 18%-áért a környezeti tényezők, 5%-áért az öröklődés felelős. A prosztata-, az agy- vagy a csonttrák esetében a mutációk több mint 95%-át okozzák a véletlenszerű másolási hibák. Tüdőráknál viszont a mutációk 65%-át a környezeti tényezőkre, főleg a dohányzásra, 35%-át a másolási hibára vezethetjük vissza. A tanulmány során 68 országra kiterjedően 4,8 milliárd embert reprezentáló adattömeget elemeztek. Szoros összefüggést találtak 17 ráktípusnál a daganat előfordulásának gyakorisága és a normális sejtosztódás között. Sürgősen ki kell dolgozni minden rákfajta minél korábbi kimutatására alkalmas módszereket, hogy mihamarabb megkezdhesék a gyógyítást.

(sciencedaily.com, 2017. március 23.)

E számunk szerzői

DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudomány doktora, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Részecske- és Magfizikai Intézet, Budapest; BIRÓ TAMÁS PhD-hallgató, ELTE, Budapest; DOMBI MARGIT újságíró, Debrecen; DR. GONDA XÉNIA klinikai szakpszichológus, Semmelweis Egyetem, Pszichiátriai és Pszichoterápiás Klinika, Budapest; DR. HOLLÓSY FERENC biológus, klinikai kutatási munkatárs, KCR, Budapest; DR. KÉRI ANDRÁS egyetemi docens, Budapesti Gazdasági Egyetem, Kereskedelmi, Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Kar, Budapest; KIRÁLY MÁRTON PhD, vegyész-mérnök, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. KORSÓS ZOLTÁN, a Magyar Természettudományi Múzeum főigazgatója, Budapest; DR. MATOS LAJOS (1935–2017) szívgyógyász; RIHMER ANNA-MÁRIA PhD, pszichiáter szakorvos, Semmelweis Egyetem, Kútvölgyi Klinikai Tömb, Pszichiátriai Szakambulancia, Budapest; DR. RIHMER ZOLTÁN professzor, Semmelweis Egyetem, Pszichiátriai és Pszichoterápiás Klinika, Budapest; DR. SCHILLER RÓBERT, a kémiai tudomány doktora, Budapest; DR. SOLT GYÖRGY fizikus, Paul Scherrer Institute, Svájc; STAAR GYULA főszerkesztő, Természet Világa, Budapest; SZABÓ MÁRTON biológus, MTA–ELTE Lendület Dinoszaurusz Kutatócsoport, Budapest; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár; DR. TÓSZEGI ZSUZSANNA PhD, c. egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest; DR. ZELENKA TIBOR ny. okl. geológus, c. egyetemi docens, Budapest.

Júniusi számunkból

Szabad János: Mi minden van beírva a kromoszómáinkba?

Sümei Pál: Új-Zélandon jártunk, mesterségünk címere: a löszkutatás

Mező Szilveszter: Öserdők mélyén, vulkánok hátán

Venetianer Pál: Mi a szintetikus biológia?

Merkel Ottó: A szarvasbogár. Szörnyeteg vagy gyengéd óriás?

Ladányi László: Fehérszék: riolittakaró a hegygerincen

Fernando de Noronha, az Atlanti-óceán smaragdja

KÉRI ANDRÁS

Brazília partjai előtt, Nataltól 360, Recife-től – Pernambuco székelyétől – 545 km-re található az Atlanti-óceán e különös szigetszoportja. Nagyobb tagjai egy elsüllyedt hegység maradványai, a névadó fősziget, Fernando de Noronha egy óriási hegy tengerszint feletti csúcsa. Két óceáni áramlat találkozásánál fekszik, melyek közül a Dél-egyenlítői-áramlat Afrika felől meleg vizet hoz. Az évi középhőmérséklet 25 °C. *Charles Darwin* is ellátogatott ide a *Beagle* fedélzetén, s ezt írta 1832. február 20-án a naplójába, amely *Egy természettudós utazásai* címmel jelent meg: „Az egész szigetet erdő borítja, mely az éghajlat szárazsága következtében nem valami buja. A hegy félmagasságában a hatalmas oszlopos sziklákat babérfaszerű fák árnyékolják és finom rózsaszínvirágú, de egészen levél nélküli fák díszítik.”

A 60 km átmérőjű szigetaljzat 4000 méter mélyen nyugszik az óceán fenekén. A szigetvilágot szinte teljes egészé-



A fősziget légi felvételen

ben korallfűzér veszi körül. Fernando de Noronha északkeleti és délnyugati végén két lepusztult hegymaradvány emelkedik ki, melyeket a sziget közepén húzódó Quixaba-fennsík választ el homokos vagy bazaltköves térszíneivel. Legmagasabb pontja a mindössze 323 m magas Morro do Pico csúcs, amely egykoron egy vulkáni kráter része volt. A fő-

sziget 10 km hosszú és 3,5 km széles, s a szigetszoport területének 91%-át (17 km²) képviseli. Délkeleten vad szelek, ötméteres hullámok, víz alatti barlangok teszik izgalmassá, míg északi részének csendesebb, védett öbleiben él a világ legnagyobb fonódelfinpopulációja. Ezért nevezték el delfinek szigetének is. Minden hajnalban a Golfinhos-öbölben gyűlnek össze. Két endemikus madara a noronhai elénia vagy cocoruta (*Elaenia*

ridleyana) és a noronhai lombgérincs (*Vireo gracilirostris*), de őshonos még a füles galambok egyik alfaja, a *Zenaida auriculata noronha*. Fontos tengerimadár-költőhely (fregattmadár, vöröscsőrű trópusimadár, fehér farkú trópusimadár, vöröslábú barna szula, álarcos szula). Két kígyó is él itt, az *Amphisbaena*

ridleyi és a *Trachylepis atlantica*. A szigetszoport 21 szigetből áll, területe 26 km², lakóinak száma 2930 fő (2015).

A szigetet 1503. augusztus 10-én *Fernão de Loronha* fedezte fel, legalábbis erről tanúskodik az első írott emlék. A Gonçalo



Vad, sziklás partok...

Coelho kapitány vezette hajó fedélzetén utazott *Amerigo Vespucci* is, akivel hajótörést szenvedtek, ami egy hét kényszerpi-

henőt jelentett. Ez utóbbi levélben számolt be a történekről Piero Soderininek, melyben leírta az itt látottakat is és augusztus 10-e lévén e földdarabot São Lourençonak nevezte el. Ekkoriban már többen is jártak e térségben, ezért nem tudni pontosan, ki is volt az első. Négy elmélet is van, de az egyetlen biztos, dokumentált időpont 1503. augusztus 10., a felfedezés napja. Ezt erősítik meg a legújabb kutatások is. Brazília legrégebbi térképén – Alberto Cantino térkép, 1502 – már szerepel São João da Quaresma néven, de erről utóbb kiderült, hogy ez inkább a Rocas-atoll lehet. Mai neve, Noronha a Loronha elírásából származik. Ő liszaboni kereskedő volt, Vespucci expedíciójának finanszírozója. Értékes támogatását I. Manuel király azzal viszonozta, hogy a szigetet 1504-ben nekijárandékozta és 1512-ig megkapta a brazil kereskedelmi monopóliumot is. Brazil brörsönfát (pau-brasil, *Haematoxylon brasiletto*) termeltetett ki és itt halmozta fel, hogy a nagyobb hajókkal Európába szállíthassa. Vespucci csodálatos beszámolói a szigetről annyira megragadta Morus Tamást, hogy Utópia című művében (1516) Fernando de Noronhát tette meg egy új és tiszta közösségi társadalom kialakulásának helyszínéül. Maga a szó és jelentése is az ő találmánya.

A dél-amerikai kontinenshez való közelsége miatt az évszázadok során egymástól ragadták el az európai hatalmak. 1534-ben az angolok foglalták el, majd 1556 és 1612 között francia birtok. 1629-ben holland kézre került, de még ugyanabban az évben Rui Calaza Borges vezette spanyol-portugál hajóhad visszafoglalta. 1635-ben újra a hollandoké lett, amikor a Brazília ÉK-i részének – a São Francisco-folyó és Maranhão közötti – partvidékét elfoglaló csapataik számára itt építet-



A sziget legmagasabb pontja, a Morro do Pico

ált a fennhatóságuk alatt, Pernambuco elvesztéséig (1654).

1736-ban a Francia Kelet-indiai Társaság hajói a szigeteket teljesen elhagyatva lakatlannak találták. Új lakói a Dauphine névre keresztelték, de örömk nem tartott sokáig, mert 1737-ben a portugálok végleg megszerezték maguknak. Elkezdték erödrendszerének kiépítését a tíz stratégiai, kikötésre alkalmas pontján. Kilencet a főszigeten és egyet São Josén. Ez utóbbi a Saint Anthony kikötővel szemben fekszik. Az utrechti béke (1713) alá-

és 1934 között a francia Aéropostale hid-roplánjainak kisegítő bázisaként működött. 1938 és 1945 között a politikai (és köztörvényes) foglyok börtöne lett, melyet végül 1957-ben zártak be.

1942-ben Brazília belépett a II. világháborús eseményekbe és fő katonai bázisa lett. Ekkor lett önálló szövetségi terület, amelyhez a 145 km-re lévő Rocas-atoll és a 625 km-re fekvő São Pedro és São Paulo mere-

dek sziklái is tartoztak. Háromezer katonája állomásozott itt, és az 1934-ben épült repülöteret egy második leszállópályával is kibővítették. Kisebb kórházat, új kikötőt,



A szigetcsoportra főként búvárokodni jönnek a turisták



... nyugalmas, homokos öblök

tek kórházat. Ebben az időben a szigetet Pavonia néven ismerték, melynek névadója Michel de Pauw volt, a Holland Nyugat-india Társaság egyik elnöke. Közel 20 évig

az 1739-ben Brazíliából elűzött cigányok gyűjtőhelye. A börtön 201 éven át működött. 1898-tól itt húzódott a Brazília és Afrika közötti telegráf kapcsolat. 1927

írása után kezdtek a portugálok benépesíteni. Az egyetlen települést, Vila dos Remédios 1738-ban alapították egy francia invázió után, melynek João Lobo de Lacerda vetett véget. Mindez az eröd hosszára nyúló, 47 évig tartó építésével kezdődött (1737). A település lett a Pernambucoból való rabok és a bűnbándák capoeira harcosainak, valamint

előre gyártott elemekből házakat építettek és villamos energiát termelő létesítményt is kapott. A brazil egységeket 300 fős amerikai kontingens egészítette ki, melynek 1944-ben átengedték a repülöteret. Innen indultak a brazilok az olaszországi partraszállásra. A háború után készült el a szigetet átszelő országút, a 9 km hosszú Transnoronha, amely Santo Antônio kikötőjét köti össze székhelyével, a fennsíkon épült Vila dos Remédiosszal. Templomát, a Nossa Senhora dos Remédios 1768-ban kezdték el építeni. Palotája, São Miguel a helyi kormányzat székhelye. Ma már általános- és középiskola is működik a szigeten.

1988-ban a szigetvilág területének kb. 70%-át Tengeri Nemzeti Parkká nyilvánították (11 270 hektár), s egy részén – a kutatók kivételével – megtiltották látogatását. Még ez év október 5-én szövetségi terület státusza megszűnt, és a szigetcso-

port Pernambuco állam fennhatósága alá került. A turizmus ettől kezdve fellendült. 2001-ben a szigetcsoporthat a Világörökség részévé vált.

Fernando de Noronha eredeti növényzetét nagyrészt kipusztították, elsősorban a fákat, hogy a rabok meg ne szökhesse-nek. Ma főként kúsznövények és bokrok borítják a betelepített növények mellett. Mezőgazdasága a rossz talajviszonyok és a kevés termőtalaj miatt szerény: kukoricát, babot, zöldségféléket termesztnek, kecskét, sertést és szárnyasokat tartanak, de mindez nem elég a lakosság és a turisták ellátására. Gyümölcsfái (pl. papaya, tamarindusz, gujava) a kontinensről származnak. Az egerek ellen behozott gyík (teiu) elszaporodása mára nagyobb problémát jelent, mint az áldozata. Második legnagyobb szigetén, Ratán guanót fejtenek. A helyi lakosság hagyományosan halászból élt, s e tevékenység ma is meghatározó. Az augusztustól januárig tartó száraz évszakban a sziget vízfolyásai kiszáradnak, ezért vízhiány van, amin csak keveset enyhít az Açude Xaréu víztározó és a 80 m mély artézi kútjaik. A csapadékos évszakban az intenzív esők sokszor jelentős károkat okoznak a szerény ültetvényekben, kertekben. Ilyenkor kisebb vízesések jelennek meg a hegyoldalokon.

A Rocas- és Abrolhos-atollokkal együtt Brazília egyik legjobb bűvárhelye. Fernando de Noronhára többnyire bűvárkodni jönnek a turisták, akik szerény kiszolgálásban részesülnek. Csak néhány étterem áll a rendelkezésükre és családi vendégfogadóknak szállhatnak meg. A kevés és kicsi homokos partjai közül a Boldró a legnépszerűbb, de a szörfözők a Dois irmãos szigettel szembeni Conceição partját szeretik az óriási hullámok miatt. Az egykori kalózok menedéke ma exkluzív ökológiai paradicsom. Az ide látogató ökoturistáknak nemcsak a számát korlátozzák, – naponta csak hatszázan tartózkodhatnak a szigetcsoporthat –, hanem jelentős ökoadó, azaz környezetvédelmi adót is kell fizetniük. Ezzel is korbában tartják a látogatók számát, akik csak Natal vagy Recife érintésével kisebb repülőgépekkel érhetik el. A szigetcsoporthat olyan trópusi ökoparadicsom, ahol a csend uralkodik. Tengeri élővilága igen gazdag. Az óceán oázisán védik fókakolóniáit és a tengeri teknősök költőhelyét. A Leão, a Bode, a Boldró és a Cacimba do Padre nevű strandokat, valamint a Sancho-öblöt délután 18 és reggel 6 óra között tilos felkeresni a teknősök reprodukciós időszakában. Az Atya kútja (Cacimba do Padre) paradicsomi hely, ahol a legenda szerint a kutat maga a pap ásta ki, és itt fakad a sziget legtisztább vize. Aki iszik belőle, egy napon visszatér ide.

Orvosszemmel

MAMMOGRÁFIA A KOSZORÚER-SZÜKÜLET SZÜRŐVIZSGÁLATÁRA?

A rosszindulatú daganatok megelőzése és korai felismerése világszerte a medicina legfontosabb céljai közé tartozik és a legjobban szervezett közegészségügyi tevékenységek egyike. A korosodó nők az emlőrák mielőbbi diagnózisa végett általában kétévenként kapnak értesítést ilyen irányú szakvizsgálatra.

A jól szervezett egészségügyi országokban százezrevel történik évente mammográfia, és ennek megfelelően az emlőrák okozta halálozás csökken. Az American College of Cardiology 65. tudományos ülésén a legnagyobb figyelmet az a referátum keltette, mely szerint az emlőrákszűrés rendkívüli lehetőséget teremt a koszorúer-betegség korai felismerése és kezelése terén is.

A digitális mammográfia során az emlő artériáiban megjelenő kalcium jól látható, és arra is fölfigyeltek, hogy ebből a koszorúerekben előforduló kalciumlerakódásra is következtetni lehet. A koszorúerek CT-vel felismerhető kalcifikációja – Coronary Arterial Calcification, röviden CAC – a szakorvosok szerint a koronária-elmeszesedés korai formája, és határozottabb kockázati tényező, mint a magas szérumkoleszterin, a magas vérnyomás vagy a cukorbetegség.

„Sok nő, kiváltképp fiatal nő, nem ismeri koszorúereinek állapotát. Eredményeink alapján, ha a mammogram az emlőerekben

kalcifikációt mutat, azt vörös zászlóként kell értékelni, mert a páciensnek nagy esélye van a koszorúereiben is hasonló plakkra” – mondotta Harvey Hecht, a vizsgálat vezetője.

Az adatok szerint akiknél, a mammogram artériás kalcifikációt mutat, azoknál 70%-os valószínűséggel a koszorúereikben is lehetnek ilyen eltérések. A 60 évesnél fiatalabbak között CAC jelenlétében minden második esetben találtak emlőartéria-elváltozást. Csak igen ritkán kaptak hamis pozitív eredményt, és a fiatalabbak között az emlő artériáinak kalcifikációja esetén CAC 83%-ban fordult elő.

Az emlő ereinek meszesedése a kardiológiai kockázatnak olyan valószínűsítő faktora, mint a Framingham kockázati pontszám, amellyel elég pontosan megjósolható az esetleges infarktus bekövetkezése, és nők esetében ennek valószínűségét kissé alacsonyítják. Kiszámították egy másik ilyen képlet használhatóságát is, amely viszont túlbecsüli a kockázatot. Egyelőre szűrővizsgálatként 292 nő esetében történt digitális mammográfia, majd CT 1 éven belül. A mamma erein 124 esetben (42,5%) találtak artériás kalcifikációt. Egyelőre szűrővizsgálatként a CAC értéke nem igazolódott, de az USA területén átlagosan 37 millió mammográfia történik évente, és jelenleg 39 000 vizsgálati alannal folyik megfigyelés Hollandiában.

http://otszonline.hu/cikk/mammografia_a_koszoruer_szukulet_szurovizsgalatara

Matos Lajos (1935–2017) emlékére

Ez év februárjában meghalt Matos Lajos, aki évtizedek óta hűséges szerzője volt folyóiratunknak. Olvasóink nagyobb lélegzetű írásai mellett szinte minden hónapban találkozhattak *Orvosszemmel* című rovatával, ahol az egészséges életmód és táplálkozás fontosságára, a betegségek, főleg a hirtelen szívhalál megelőzésére hívta fel a figyelmet.

Matos Lajos közel 40 évig, 2001-ig gyógyított az Országos Kardiológiai Intézetben, ahol a Farmakológiai Osztály vezetője volt. Ezután a Szent János Kórház kardiológiai osztályának járóbetegrendelésén dolgozott 16 éven át. Üzemorvosként is tevékenykedett: ötven éven keresztül volt a Madách Színház üzemorvosa.

A Magyar Kardiológusok Társaságának 1980-tól 1989-ig főtitkára, majd 1992–1995 között alelnöke volt. Több nem-



zetközi kardiológiai szervezet, például a Council of Clinical Cardiology, vagy a World Heart Federation munkájában is részt vett.

Szervezője volt a hazai „Red for Women” mozgalomnak, amely arra hívta fel a figyelmet, hogy az ischaemiás szívbetegség megelőzésére a nőknél is szükség van.

Miért tudják az elektronok a matematikát?

SOLT GYÖRGY

A fizikus Feynman írja, mennyire meglepődött, amikor fiatal kísérletezőként az elektromos rezgőkör frekvenciáját megadó képletben meglátta a körkerület és átmérő viszonyát megadó $\pi=3,14$ szorzófaktor: „Itt a π , de hol itt a kör?” Arra gondolt, hogy ez a tekeres kör alakú menetével kapcsolatos, de utána lapozva látta, hogy a π ott van négyszögletes tekereseknél is. „Most már jobban értem a dolgot, de a szívem mélyén még ma sem tudom igazán, hol van az a kör, ami a π -t idehozza”. [1] Ugyanígy elképed Wigner Jenő anekdotájában [2] a laikus, amikor megtudja, hogy a népesség átlagos viselkedését és az attól való eltérések valószínűségét vizsgáló statisztikusok képleteiben is szerepel a π . Hogy jön a népességhez a kör geometriája?

Bár a fenti kérdésekre egyszerű a válasz (gondoljunk a harmonikusan oszcilláló rezgőkörre, illetve a valószínűség-eloszlás Gauss-függvényére), valószínű, hogy maga

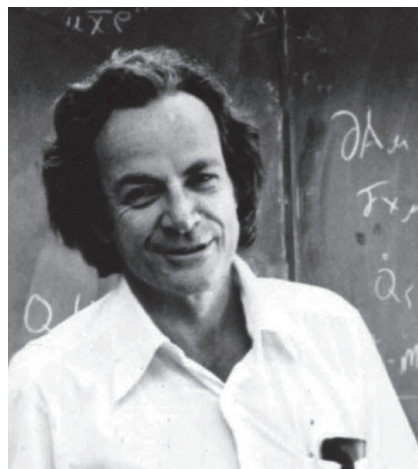
ka olyan szabályokat követ, amelyeknek semmi közük ahhoz, ami a valóságban végbemegy”. [3]

Nem volna ez meglepő, ha beérnénk a XIX. századi matematikus-fizikus, Fourier érvelésével: „a természet vizsgálata a matematikai felfedezések legtermékenyebb forrása”. Hiszen akkor várható, hogy ez a valóság által inspirált matematika alkalmas lesz a természet megismerésére. És igaz, a matematikusokat évezredek óta elsősorban (ha nem is kizárólag) a csillagászatban és fizikában felvetődő kérdések foglalkoztatták, Newton is a gravitáció és a mechanika törvényeinek vizsgálata készítette a differenciális és integrálszámítás megalkotására.

De még ha egyet is értünk Fourier-val a matematika természettudományos forrásait illetően, lehet okunk a csodálkozásra. Mert a matematikus még a valóság által inspirált fogalmakból is a továbbiakban már kizárólag gondolati úton, a tiszta matematikában adott

amit a matematikus csupán kíváncsiságból, „játékos kedvében teremtett” [4], anélkül, hogy közben a külvilágra, gyakorlati hasznosságra gondolt volna. Ennek ellenére, ha ezek a játékos fejekben kigondolt fogalmak és a közöttük fennálló összefüggések tisztán matematikai értelemben szépnek, értékesnek bizonyulnak, akkor sok esetben (azonnal vagy esetleg évszázadok múlva) kiderül, hogy a természettudományokban sem nélkülözhetők.

Példa erre az új számfogalom, ami a XVI. századi olasz algebristák sakkbajnoksághoz hasonló szellemi párbaja nyomán született; a cél a harmadfokú egyenletek megoldása volt. Az eredmény évekig a győztesek titka maradt, majd regényes bonyodalmak után egy „versenyen kívüli” kolléga, Cardano képleteként vált ismertté. [5] Ám a formula az algebristák csalódására némely egyenleteknél érthetetlenül, mintegy rejtjelezve adta meg az eredményt. A képlet furcsaságán tűnődő kortárs Bombellinek ekkor az a (saját szavai szerint)



Richard Feynman

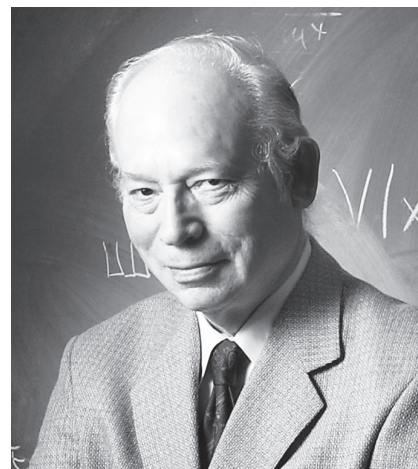
Arhimédész, aki elsőként adott következetes módszert a π meghatározására, szintén elcsodálkozna, ha látná, hogy ez a szám olyan tudományokban is felbukkan, melyeknek semmi közük a geometriához. A két Nobel-díjas fizikus nyilvánvalóan arra kívánta felhívni a figyelmet, mennyire nem magától értetődő, sőt Wigner szavai szerint mennyire „meghökkenítő” [2] a matematika hatékonysága a fizikában és általában a természettudományokban. Ugyanígy Feynman: „teljesen elképesztő, hogy a matematikával előre meg lehet mondani, mi fog történni a világban, pedig a matemati-



Wigner Jenő

lehetőségek és törvények szerint hoz létre új fogalmakat és konstrukciókat, a számokból mátrixot épít, a szorzás-összeadás mellé új, matematikai értelemben hasznos műveleteket konstruál. Mi garantálja, hogy ezeknek a matematika saját belső szabályai és céljai szerint alkotott fogalmaknak és a velük végzett bonyolult műveletek eredményének még mindig (azaz ismét) közük lesz a matematika világán kívüli, valóságban lezajló történésekhez?

És még inkább csodálkozhatunk, ha megfontoljuk, hogy a csillagászat és a fizika inspiráló hatása mellett a matematika épülete az idők során sok olyan fogalommal is bővült,



Steven Weinberg

„vad gondolata” támadt, hogy a „kódolás” megértéséhez érdemes a közönséges (valós) számok mellett képzetes (csak képzetben létező) számokat is elgondolni, és ezeket éppúgy összeadni és szorozni, mintha „rendes” számok lennének. Érdemes volt: a vad ötlet szüleményei, a képzetes részt is tartalmazó komplex számok, amellet, hogy „mellékesen” megoldották az algebristák problémáját, óriási előrelépést hoztak a matematika minden területén. Amiről viszont Bombelliek nem is álmodhattak: az általuk haszontalannak, álságosnak (szofistának) nevezett újféle számok a következő évszázadok során a ter-

mészettudományokban nagyon is hasznosnak bizonyultak. Mégpedig nemcsak technikai értelemben, mint problémamegoldásokat egyszerűsítő alkalmazott matematikai eszközök, hanem lényegbevágó, nélkülözhetetlen szerepük lett például a kvantumfizika *megalapozásában* is. [2]

Ugyanígy a matematika egy „belső” kérdése érdekelte a XIX. századi matematikus-fizikus *Hamiltont* is: lehet-e *elgondolni* komplex számoknál is komplexebb, de ugyanakkor még *algebrailag* szép rendszert alkotó számokat. Meg is találta őket, a négydimenziós *kvaterniókat*. Nem tudhatta, hogy intuitív szellemi alkotását, a nem-kommutatív kvaternió-algebrát az anyagi világ *elektromjai* már örök idők óta „ismerik”: azok a matematikai objektumok (operátorok), melyekkel perdületük (spinjük) viselkedése leírható, éppen ilyen algebrát valósítanak meg. Ez azonban csak Hamilton felfedezése után 80 évvel az atomi spektrumokat tanulmányozó XX. századi fizikusok, *Pauli* és *Dirac* munkái nyomán derült ki.

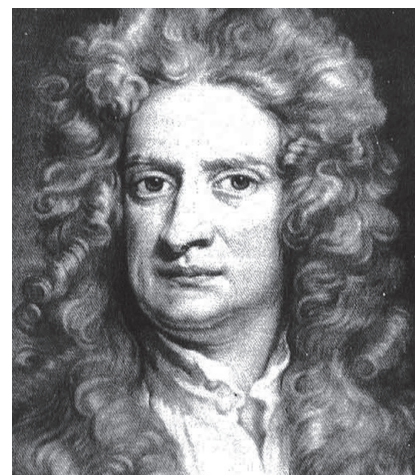
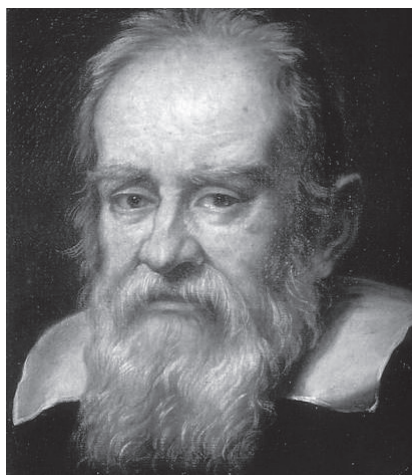
A matematika tehát a fizikában nemcsak technikai értelemben hasznos, amennyiben tetszőlegesen pontos számításokat tesz lehetővé, hanem a „tiszt” matematika is (a kortárs fizikus *Dyson* szavaival) alaposan „bele van szöve univerzumunk anyagába”. Ez persze

A tény, hogy a természet törvényei a matematika módszereivel tanulmányozhatók és rendszerezhetők, a nagy elődök, *Kepler*, *Galilei* és *Newton* csodás égi ajándéknak tartották. Egyben magától értetődőnek, mert hittek a teremtésben és természetesnek vették, hogy a világ teremtője okosan, a logika és matematika törvényei szerint tervezett, a földi tudós dolga pedig az, hogy matematikai ismereteit bővítve *ráismerjen* a még rejtett, de a valóságba már „beletervezett” törvényszerűségekre. Ez a teremtés mítoszában gyökerező, de formálisan már nem feltétlenül betű szerinti valláshoz kötődő „intelligens tervező” elképzelés ma is sokak számára meggyőzően hangzik.

A matematika és valóság „összeszövött-ségének” magyarázatát a fizikusok (ha ez a napi munkájukat nem érintő ismeretelméleti kérdés egyáltalán felkelti a kíváncsiságukat) ma nem univerzumunkon kívüli intelligens tervezőben, hanem magában a természetben, esetleg konkrétan a természeti jelenségek által determinált, de legalábbis alapvetően befolyásolt emberi gondolkodás folyamatában keresik. Egyik lehetséges magyarázat – írja Weinberg [6] –, hogy „mivel a matematikus ezen a világon él, tudatosan és *nem tudatos módon* is állandóan érzékeli, hogyan működik a vi-

is vázol: minthogy a fizikában megismert természeti törvények bizonyos egyszerűséget, meghatározott szimmetriákat, rendezettséget mutatnak, és mivel a matematika egyebek között éppen a különféleképpen rendezett struktúrák tudománya, jól elképzelhető, hogy a matematikus nagyszámú struktúrái közül némelyik éppen ráillik arra, amit a fizikus természeti törvényként tapasztal. Ez egyben magyarázat arra is, hogy a fizikusok számára valóban elképesztően hatékonyan bizonyult matematikai fogalmak a modern matematika egészének csak kis részét jelentik.

A Weinberg által éppen csak körvonalazott elméletek meggyőző alátámasztásához, tehát a címben feltett kérdés megválaszolásához a fizikán túl nyilvánvalóan más tudományok (ismeretelmélet, biológia, antropológia, pszichológia, tudománytörténet) közreműködésére is szükség lesz. A matematika évezredek óta ismert, csodás ajándékként érzékelt hatékonysága a természeti törvények megfogalmazásában egyelőre még magyarázatra váró, örvendetes *tapasztalati* tény, de Wigner Jenő óvatosan optimista konklúziója [2] szerint „remélnünk kell, hogy ez [a hatékonyság] a jövőben is megmarad, és örömeinkre vagy éppen elképedsünkre kiterjeszhető lesz az emberi megismerés sok más területére is.” ♦



Számukra a matematika és valóság összhangja magától értetődött: Johannes Kepler, Galileo Galilei, Isaac Newton

különösen látványos akkor, amikor a fizikus már készen találja a matematika eszköztárában a megfigyelései vagy kísérleti eredményei magyarázatára éppen odaillő fogalmat vagy konstrukciót, ahogyan *Einstein* a görbült terek differenciálgeometriáját, *Heisenberg* a mátrix-algebrát vagy az elemirész-fizikusok a csoportelméletet. A Nobel-díjas *Weinberg* így fogalmaz: „szinte kísérteties, amikor a fizikus észreveszi, hogy a matematikus már előtte ott járt ... olyan ez, mintha az űrhajóból kilépő Neil Armstrong már ott találta volna a Hold poros talaján Verne Gyula [a holdutazást megálmodó író] lábnymát”. [6]

lág, és amikor dolgozik, ezek a (nem tudatos) tapasztalatok mélyen befolyásolják.” Ez tovább megy Fourier érvelésénél. Eszerint a valóságból elvonatkoztatott, tudatosan konstruált fogalmak *mellett* a valóság jelenségei *öntudatlanul* is erősen hatnak a matematikus képzetére. Weinberg ugyanakkor elismeri, hogy ez az érvelés túl általános, konkrét esetekben nem igazán meggyőző, „nehéz látni, hogy például *Galois* csoportelméleti munkája hogyan nőtt ki azokból a tapasztalatokból, melyeket ő az univerzumban uralkodó fizikai törvényekről szerzett”. Ezért egy másik magyarázatot

Irodalom

- [1] R. P. Feynman, The pleasure of finding things out, Penguin books, 2001
- [2] Wigner Jenő válogatott írásai, szerk. Ropolyi László, Typotex, 2005.
- [3] R. P. Feynman, A fizikai törvények jellege, Akkord, 2005
- [4] Péter Rózsa, Játék a végtelennel, Tankönyvkiadó, 1969
- [5] Simonovits András, Válogatott fejezetek a matematika történetéből, Typotex, 2009
- [6] S. Weinberg, Notices of the American Mathematical Society, 33.5, 1986

A tudományok debreceni élményközpontja

DOMBI MARGIT

Két éve nyílt meg Debrecenben az Agóra Tudományos Élményközpont. A Kelet-Magyarországon egyedülálló létesítményt azért hozták létre, hogy közérthetővé és élményszerűvé varázsolja a tudományt, elmagyarázza életünk mindennapi csodáit. Itt a játék és a szórakozás ötvöződik a tanulással; a gyerekek és a felnőttek különleges eszközökkel és tudományos érdekességekkel ismerkedhetnek meg, rendkívüli és látványos kísérletek részesei lehetnek. Laboratóriumi bepillantást engednek a fizika, a kémia, az orvos-biológia, a hidrobiológia, a botanika, a környezettudomány és a robotika rejtelmeibe; a csillagdában pedig az égi jelenségeket is tanulmányozhatják a látogatók.

A négy távcsővel felszerelt csillagda a háromszintes épület kupulájában foglal helyet, alatta három szinten előadótermet, laboratóriumokat és egy hatalmas interaktív játéktérrel találunk. Mivel a fogadótér és az első szint loggaszerű kiképzése lehetővé teszi, az interaktív játéktér közepén a csillagos ég eseményeit bemutató digitális planetáriumot állítanak fel időről időre, amely az ország egyik legnagyobb mobil kupulája.

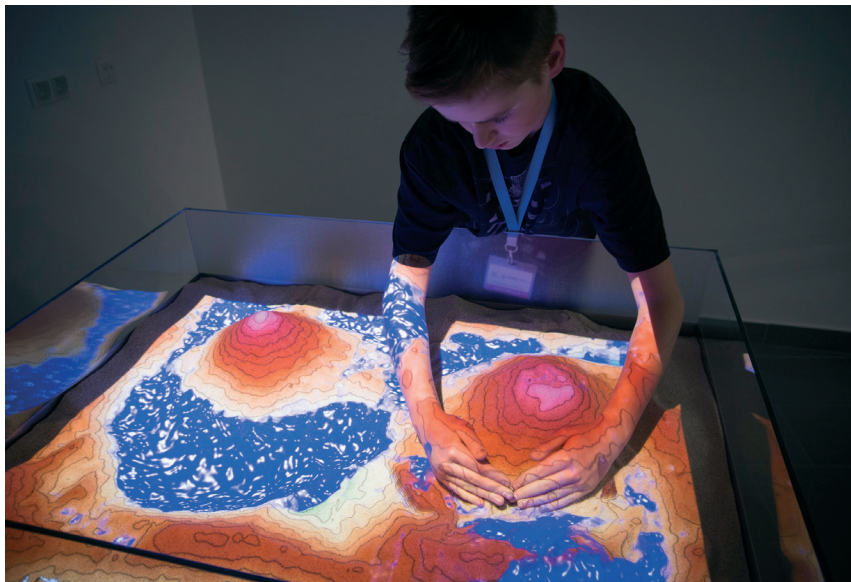
Az interaktív játéktérben kapott helyet a Föld forgását demonstráló Foucault-inga, amely ugyanazon elven működik, mint amivel *Léon Foucault* francia tudós 1851-ben a párizsi Panteonban úgy érzékeltette a Föld forgását, hogy lengési síkja az idő múlásával megváltozik. Az interaktív játéktér legtávolabbi pontján egy óriási, 18 ezer literes akvárium is található, amelybe különleges dél-afrikai sügérféléket telepítettek.

A játéktérben kuriózuma a National Instruments által az Agóra részére ajándékba készített, millió voltos feszültségű, fényes ívkiüléseket produkáló Tesla-generátor, amelyen a villámokat és dörgéseket zenei hangok irányítják. A generátor vezérlőegysége ugyanis egy mini szintetizátor, aminek billentyűivel különböző frekvenciájú hangokat tud megszólaltatni a látogató, miközben ugyanezen frekvenciák villámokat hoznak létre a Tesla-tekercsben.

A terem másik érdekessége a kaliforniai UC Davis Egyetem kutatója, *Oliver Kreylos* által kifejlesztett, finom homokot feltöltött terepasztal, amit az Agóra munkatársai építettek meg a tudós tervei alapján. A homokot folyamatosan pásztázza egy infrakamera, amely így pon-

tosan letapogatja a homokozó felszínét. Ezt a domborzatot egy projektor már topografikusan, szintvonalakkal és színekkel együtt vetíti vissza a homokra, létrehozva egy 3D-s domborzati térképet. E módszerrel hegyeket, folyókat, tavakat lehet kialakítani, így a terepasztalon akár egész Magyarország domborzatát modellezni lehet. Kezüket a 3D-s homokozó fölé tartva, virtuális esőt is elő tudnak idéz-

Agórában. Például környezetmérnök, aki a globális éghajlatváltozás hatását mutatja be a gyerekeknek, rávilágítva arra is, hogy mi magunk mit tehetünk a környezetünk védelme érdekében. A foglalkozások célja, hogy fogékonnyá tegye a felnövő generációt a környezetet veszélyeztető emberi viselkedés felismerésére, a környezettudatos gondolkodásra. A kémia csodáit is megpróbálják közel vinni már az egész



3D-s domborzati térkép

ni a „játékosok”, miközben azt is megtapasztalják, hogy a víz mindig a legalacsonyabb ponton gyűlik össze.

Nem új, ám nagyon népszerű a Bermuda-rejtély egyik lehetséges megoldását bemutató eszköz, amellyel vízbe levegőt pumpálhat az érdeklődő, a levegőbuborékok hatására pedig a víz tetején úszó kishajó elmerül. A kísérlet azt a hipotézist demonstrálja, amely szerint a Bermuda-háromszögben azért süllyednek el a hajók, mert a tenger mélyén vulkáni tevékenység lehet, ennek során gázok szabadulnak fel, a víz sűrűsége csökken és a felhajtóerő is kisebb lesz.

Az Agórában óránként tartanak előadásokat vagy kísérleti bemutatókat a látogatók számára, gyakran különböző évfordulókhoz, jeles napokhoz kötve. Több természettudományos szakember is dolgozik az

kicsikhez is néhány egyszerű, de érdekes kísérlettel. Ilyen például egy lávalámpához hasonló díszecske létrehozása, amihez nem kell más, csak pezsgőtabletta, víz, olaj és éltetfészték. Az így összerakott „szobadisz” a szén-dioxid felszabadulását szemlélteti. A világűr csodáival csillagászok vezetésével ismerkedhetnek meg az érdeklődők. A hagyományos ismeretterjesztő bemutatók mellett nagyon népszerűek a látványos planetáriumi filmek is, amelyek repertoárja folyamatosan bővül. Az Agórában hétköznapokon klubok, hétvégekre ismeretterjesztő foglalkozások, nyáron pedig táborok várják a gyerekeket.

Az élményközpontban nagy hangsúlyt kapnak a klubok. A nagyon népszerű robotika és csillagászati klubok mellett fizikai, kémiai, környezetvédelmi és orvos-biológiai klubokat is meghírdettek. Az úgynevezett



Lego robotok versenye az Agórában

Helyszínelő klubban egy rejtélyes bűnügy nyomába eredve, a tettetést kizárólag igazi tudományos módszerekkel, éles logikával és saját méréseik laboreredményeivel leplezhetik le. Végeznek vércsoportelemzést, mikroszkóp alá tesznek hajszálakat, megvizsgálják cipő- és keréknyomokat, gyűjtenek és elemeznek ujjlenyomatot, de megtanulják használni a mobiltelefonok által rögzített, árulkodó GPS koordinátákat is. A klubban 10–14 éves gyerekek nyomoznak együtt nagy lelkesedéssel, az összes laborral megismerkedve.

A *Kémiai kísérletezős klub* „Almás pite” projektje során a tudományos kísérleteket valóban ételekkel, az almás pite hozzávalóival végzik. Igyekeznek kideríteni, hogyan lehet megkülönböztetni a főtt tojást a nyerstől anélkül, hogy feltörnén, megpróbálják a csúcsán megállítani a tojást, megvizsgálják, hogy sütés-főzés hatására miért lesz fehér a tojásfehérje, de sókristályokat és konyhai titkosírást is készítenek.

Az *Ökoklub* szlogenje „Mentsd meg a bolygót!” Itt 7–12 év közötti kisiskolások jönnek össze, és ismerkednek a körülöttünk lévő élővilággal, megtudhatják, hogyan él napról napra a Föld bolygó, megvizsgálják a környezetet a szénatomoktól kezdve az esőerdőkön és sivatagokon keresztül egészen a nagyvárosokig. Madár- etetőt, vízimalmot, szélkereket építenek, hidroautók és napelemek segítségével pedig egy kicsit a jövőbe is betekintenek.

A Fedezd fel az égboltot! szlogenrel indított *Csillagászati klub* 8–14 év közötti résztvevői belekóstolhatnak a csillagászat rejtelseibe, megismerkedhetnek a csillagok, a bolygók mozgásával, megtanulnak tájékozódni az égbolton, a planetáriumban bejárják a Világegyetemet, és akár a déli

félgömbről vagy a sarkkörökről is szemlélhetik azt, hogy időnként miért nem kel fel vagy éppen nem nyugszik le a Nap. A klubfoglalkozásokon előkerülnek lézerek, makettek és 3D modellek, sőt teleszkópot is építenek.

Molekuláris biológus vezeti 10–16 évesek számára az *Orvos-biológiai klubot*, amelynek fő kérdése: Hogyan működik az

mindemellett mindenki megépítheti, megtervezheti a saját ember-modelljét is.

A *Mikrobiológiai klubban* azzal foglalkoznak, „ami a szemnek láthatatlan”. Megismerkednek a mikroszkopikus világgal. Mikroszkópot készítenek, tanulmányozzák, sőt megépítik a DNS-t, megismerik és megfestik a sejteket.

A „mindent a fényről” *Fotonklub* foglalkozásain a fény természetét vizsgálják a szivárványtól és a Naptól kezdve a lézereken át a napelemekig. A klubtagok megtudják, hogyan kelthetünk fényt, hogyan ejthetjük csapdába, és hogyan hasznosíthatjuk azt úgy, ahogyan azt a növények is teszik. Az is kiderül, mi a különbség a fényrészeccskék és a fényhullámok között.

A *Téridőklub* a mindenség történetét szeretné görcső alá venni. A 14 milliárd évet felölelő klubfoglalkozásokon feltérképezik, hogyan jutottunk el az ősröbbanástól az emberig. Végigkövetik a Világegyetem fejlődését az első elemek keletkezésétől a csillagok és bolygók születéséig, a résztvevők megismerik, hogyan épülnek fel a legegyszerűbb alkotóelemekből a nehéz elemek, illetve hogyan alakul és fejlődik tovább az élet.

LEGO® robotika klubot kezdőknek, középfeladókknak, haladóknak is szerveznek. A 10–16 év közötti kezdők a LEGO® Mindstorms EV3 készlet segítségével a robotika alapjait ismerhetik meg. A közép-



Fizikai bemutató

ember? Ezeken a foglalkozásokon az emberi testtel ismerkednek a fiatalok. Meghatározzák saját vércsoportjukat, meghallgatják szívverésüket házi készítésű sztoreszkóppal, kiderítik, mennyi vasat tartalmaz valójában a müzli, hogyan működnek a reflexeink, illetve hogyan lehet modellezni különböző betegségeket. A foglalkozásokon

haladók már teljesen automatikusan mozgó robotokat építenek, amelyeket különböző kihívásokon keresztül terepasztalon is tesztelnek.

A játékból így lesz a komoly tudomány előkészítése, a fiatal játékosok közül pedig remélhetőleg sokan a jövő tudósai, mérnökeivé válnak.

Gondolatok a természettudományos illusztrációkról

Második rész

Praktikusság és modern képalkotás

SZABÓ MÁRTON

„A fénykép egy titokról készült titok. Minél többet mutat, annál kevesebbet árul el.”

Diane Arbus

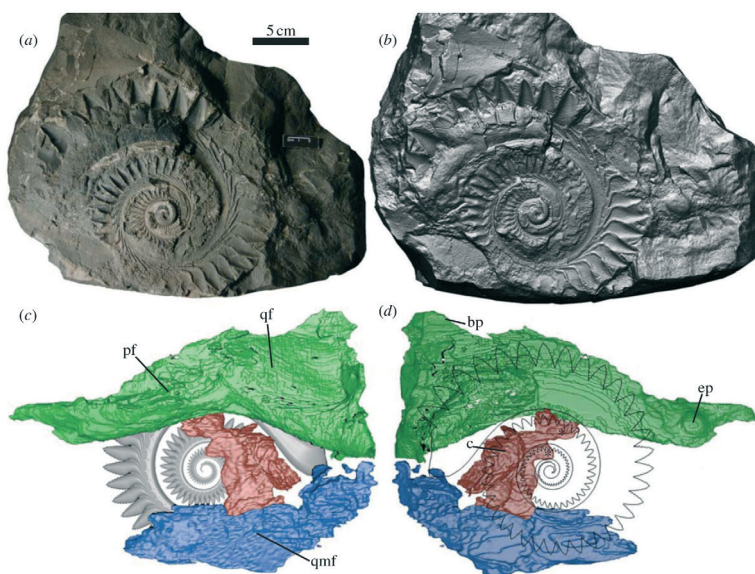
Előző írásomban, ami a folyóirat januári számában jelent meg, a természettudományos, azon belül is a paleontológiai illusztrációkkal kapcsolatos néhány olyan témát emeltem ki, melyben a vizsgálat tárgyáról készült kép vagy kiemelkedően helytállóra sikeredett, vagy épp pontatlansága miatt vált a természettudományban példaértékűvé. Ezen cikkemben, amit az előző folytatásának szánok, arról írok, hogy napjainkban a tudomány milyen eszközöket használ annak érdekében, hogy a világszerte előkerülő őslénytani leletanyagról egy kicsit életszerűbb képet kaphassunk, már ami a szemünket illeti. Sokszor előfordul, hogy a paleontológusok rendelkezésére álló leletanyag látványlag elég komplett ahhoz, hogy a lehető legjobb képet alkothassuk meg az egykor élt őslényről, ám az igazán kíváncsi, mindig felfedezőkedvű kutató számára nem létezik olyan, hogy „teljes kép”. Írásom nem a képalkotási módszerek részletezésére koncentrálok, sokkal inkább arra, hogy milyen célok elérésére használták őket a tudósok. Minthogy cikkem terjedelme korlátozott, két érdekes témát mutatok be az írásban: az ősmaradványok belsejének vizsgálatát azok roncsolása nélkül, valamint az őslélatok színét.

Roncsolni tilos! Fogak csigavonalban

Már előző írásomban is említettem a *Helicoprion* nevű, a karbontól a triászig létezett, önmagát ikonikussá kinőtt, cápaszerű porcosshal-formát. Mint a legtöbb porcoshalból, a *Helicoprion*-ból sem maradt ránk túl sok, az idő az állat alapvetően nem elcsontosodott belső vázának jó részét eltüntette. Kivételek ez alól azok a fogspirál-maradványok, melyek alapján a *Helicoprion*-t a világ több mint 100 évig ismerte. A prehisztorikus halakkal foglalkozó tudósoknak egészen a közelmúltig csak tippjeik voltak arról, hogy a bizzar, nem ritkán 20 cm körüli átmérőjű fogspirálok

mégis hogyan helyezkedtek el az élő állat szájában. A legvadabb elképzelések láttak napvilágot, sokuk szinte már mesekönyvekbe való.

Egyetem Földtudományi Tanszékének kutatója és munkatársai egy *Helicoprion ferrieri* gyanúsán jónak tűnő példányát vetették tüzetesebb vizsgálat alá. [1]



1. ábra. *Helicoprion ferrieri* fossziliája (IMNH 37899) (A), annak felszíni (B) és CT-szkenneres felvételei (C–D). A C és D ábrán zöld szín jelzi a felső, kék az alsó állkapcsot, a pirossal jelölt terület pedig a fogspirál belsőbb részeit körbevevő porcos tokot hivatott jelölni (Forrás: Tapanila és mtsai., 2013)

Kiváló képünk van a ma élő cápák fogazatának felépítéséről. A kihalt és ma is élő cápák fogazatát már sok kutató vizsgálta, amit erősen támogatott az a tény, hogy az őscápák se gyakran hagytak ránk más örökségül, mint megkövesedett fogait. Épp ezért ejtette zavarba a *Helicoprion*-a tudósokat. Egy fogspirál első hangzásra nem áll távol a cápákra jellemző revolverfogazat egymás mögött elhelyezkedő fogainak koncepciójától, ám amikor az illusztrátor és a kutató a tettek mezejére lépne, falakba ütközik. Hamar rájönnek ugyanis, hogy az összes elképzeléssel van valami kis baj, és igazából egyik sem tűnik jónak. Így ment ez 2013-ig, amikor is Leif Tapanila, az Idahoi

A példányt még 1950-ben gyűjtötték, az idahoi Montpelier közelében, a Waterloo kőbányában. A lelet minősége elsőre nem tűnt jónak, hiszen maga a fogspirál jórészt csak mint lenyomat maradt fenn. Ennek ellenére, amikor a kutatók egy érzékeny CT-szkenneres vizsgálatnak vetették alá az IMNH 37899-es leltári számú kövületet, olyan látvány tárult a szemük elé, ami egy csapásra megoldotta a sok-sok évtizede megválaszolatlan kérdést (1. ábra). A CT-szkenner csaknem eredeti, artikulált pozíciójában fedte fel a kis híján teljes alsó és felső állkapcsot. Az agykaponya porciói, sajnos úgy tűnik, végleg elvesztek, egy érdekes részlet azonban világosan látszik

a képen: egy nagy porcnívány ékelődik a fogspirál legkülső foggyökeréhez. A fogspirál belsőbb részei egy durva, prizmás porctokba ágyazódtak.

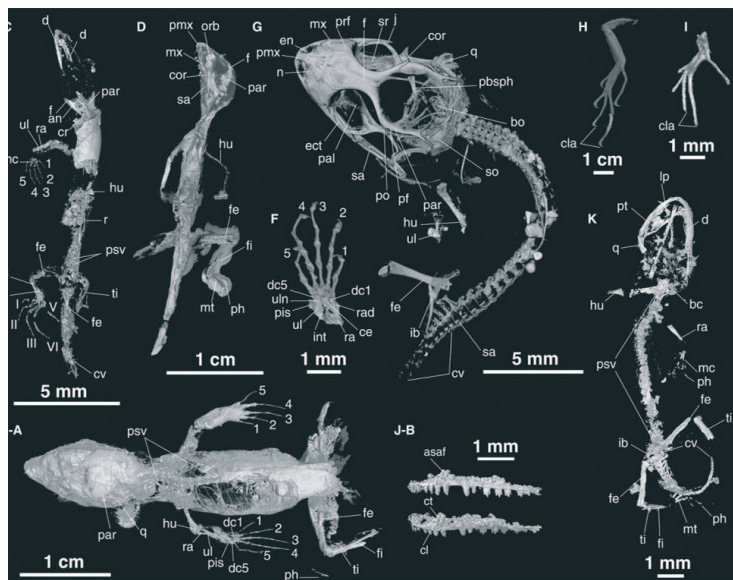
A kutatók nem véletlenül fordultak a komputer-tomográfias eljárásokhoz segítségért. A CT-szkennert alapvetően ugyan orvosi és állatorvosi célokra használt eszköz, ám az előbb említett okokból a geológiai-paleontológiai minták elemzésekor is nagy hasznát látni, hiszen nem igényli a vizsgált tárgy semmilyen nemű roncsolását. Ez kiváltképp hasznos, ha egy olyan ősmaradványt szeretnénk megvizsgálni, amiből csak nagyon kevés áll rendelkezésre, esetleg csak egyetlen egy példány van belőle.

A *Helicoprion* fogazata egyike a valaha volt legszokatlanabb evolúciós fejlesztéseknek. A komputer-tomográfias vizsgálat eredményei egyértelműen megmutatják a *Helicoprion* mediális fogspiráljának élethelyzetét. Világossá vált, hogy egy ilyen fogspirál átmérője csaknem az alsó állkapocs teljes hosszával felért, ellentétben a korábbi rekonstrukciókkal, melyek közül néhány az állkapocs elülső hányadába helyezte a fogspirált, akár egy körfűrész korongját. Ez az eredmény egészen új betekintést enged e korai porcoshalak evolúciós történetébe, beleértve azok magas fokú specializációját.

A micro-CT eljárásokat számos más őslénykutató is felhasználta a közelmúltban. Többek között micro-CT-vel vizsgálták az első olyan trilobitatójásokat, melyek a kifejlett egyed testéhez rögzülten kővültek meg [2]; de rendkívül sérülékeny és nagyon ritka, borostyánba zárt anoliszfossziliákat is elemeztek vele (2. ábra) [3,4]; valamint kiválónak bizonyult késő-pleisztocén (23000–43000 éves) művészméh-maradványok (Megachilidae) belső vizsgálatára. [5]

Színek nyomában

Mindannyian láthattunk már számtalan őslélekt-rekonstrukciót. Se szeri, se száma a kiválóbbnál kiválóbb illusztrációknak, amelyek közt akadnak olyan klasszikusok is, mint Zdeněk Michael František Burian (1905–1981) cseh festő és könyvillusztrátor színes őslélekt-ábrázolásai, melyek gyermekkönyveinkből



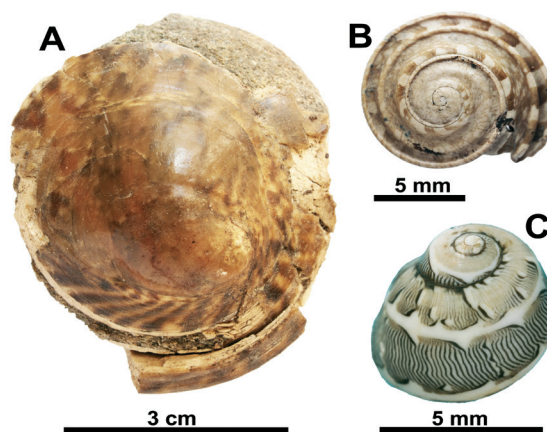
2. ábra. Borostyánban fosszilizálódott gyíkok részletes micro-CT-s képe (Forrás: Daza és mtsai., 2016)

jól ismert festmények. A paleontológusoknak olykor nekszegeznek azt a kérdést, hogy az illusztrátorok és a kutatók honnan tudják, hogy egy őslélekt milyen színű volt. A válasz erre általában az, hogy valójában nem tudják, és a rekonstrukció színei jórészt a fantázia szüleményei. Ez néhány egészen különleges kivételtől eltekintve csakugyan így is van.

Az őslények színei csak egészen különleges esetekben maradnak ránk. A színeket élő sejtek alakítják ki, melyek a lágy szövetekkel együtt elenyésznek az élőlények pusztulása után. Néhány kivételre azonban még Magyarországon is rábukkanhatunk az őslénytani leletanyagban, kiváltképp a molluszkák közt. Egyebek mellett a Veszprém megyei Dudar eocén mészkő- és szénrétegeiből ismert a *Velates schmideli* nevű csigafaj, amely csodálatos, cikcakkos tigrismintájával úgy foglal helyet a Bakony fossziliáit felsorolató munkákban, akár egy drágakő (3A. ábra). [6] Ezen a ponton felsorolás-szinten ugyancsak érdemes még megemlíteni az ajka-csingervölgyi késő-kréta kőszén egy jellemző csigagénuszát, a *Deianira*-t (3B. ábra), valamint a Herend környéki miocén lignit gyakori *Theodoxus*-ait (3C. ábra).

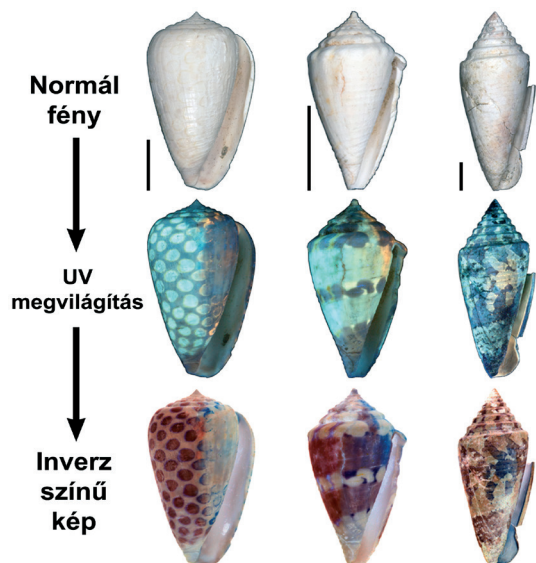
A fosszilis csigák színeire egyes kutatók kiemelt figyelmet fordítanak. Jonathan R. Hendricks a Dominikai Köztársaság miocén és pliocén korú kúpcsigáinak (Conidae) színeivel foglalkozott, munkájáról 2015-ben egy terjedelmes, és gazdagon illusztrált írást publikált a PLoS ONE nevű tudományos folyóiratban. [7] Régóta ismert, hogy egyes, színeztüket vesztett csigafossziliák UV-fényben megmutatják mintázatukat. Ezt felhasználva, az UV-fényben készült képek színeinek invertálásával Hendricks 28 fosszilis kúpcsigafaj egykori színezetének rekonstruálására tett kísérletet (4. ábra). Minthogy a kúpcsigák ma is léteznek, a fosszilis és recens fajok színeinek összehasonlítása révén a kúpcsigák evolúciójáról és leszármazásánáról egy sokkal részletesebb képet kaphatunk – ami lényegesen túlmutat pusztán azon, hogy megtudhatjuk, milyen színűk volt ezeknek a több millió évvel ezelőtt élt állatoknak.

Ha a gerincesek világában is szét-nézünk színes fossziliák után kutatva, előbb vagy utóbb eljutunk Kínába. Kína mezozoos üledékeiből számos theropoda dinoszauruszfaj tucatnyi, különleges ép-



3. ábra. (A) *Velates schmideli* színmintázatos fossziliája a dudari eocén szénből; (B) *Deianira* sp. színmintás példánya az ajka-csingervölgyi késő-kréta szénből; (C) *Theodoxus* sp. színes héja a herendi miocén lignitből (A szerző felvétele)

ségben megőrződött maradványa ismert. Ezek közt nem egy olyan akad, melyen a test teljes felületén tanulmányozható az eredeti helyzetében megőrződött tollazat.



4. ábra. Fosszilis kúpcsigák színeinek vizsgálata Hendricks, 2015 munkájában. Méretarányok: 1 cm

2016-ban Johan Lindgren és munkatársai egy *Anchiornis huxleyi* nevű dinoszaurusz olyan fossziliáját vizsgálták, melyen úgy tűnt, a tollak megőrződése lehetővé tehet valami egészen különlegeset. [8] A példány a kínai Liaoning tartományból, Yaolugouból került elő, ami egy világszerte híres ősgérces-lelőhely. A példány, eltekintve attól, hogy kissé kilapult, különlegesen jó állapotban van, a tollazat maradványai sötét felhőként veszik körbe az állat csontjait. A gerincesek szemének, szőrének és egyéb szöveteinek színeit a melanin nevű festékanyag határozza meg. Ezek a melanocita nevű sejtek melanoszóma nevű, hólyagszerű sejtservecskéiben raktározódnak. Ezek fosszilis nyomai igencsak ígéretes zsákmányként kecsegtettek Lindgren és munkatársai számára.

A kutatók 14 mintát vettek a fosszilis tollazat felületéről. Érzékeny molekuláris képalkotási eljárásokkal dolgoztak, melyeket a biztosabb eredmények érdekében többszörös, egymástól független elemző tesztekkel támasztottak alá. Céljuk az volt, hogy az *Anchiornis*-példány rostszerű epidermisz-függelékeiből ún. eumelanoszóma-maradványokat és filamentum szerű mikrostruktúrákat mutassanak ki. A fosszilis tollazathoz kapcsolatosan megőrződött, melanoszóma-hoz hasonló mikrotestekből kinyerhető adatok felhasználhatóak az egykor élt állat tollruhája eredeti színezetének rekonstrukciójához, de akár viselkedéstani és fiziológiai következtetésekhez is. Lindgren és kutatótársai a tollmaradványokról vett mintákban kis, pálcí-

kaszerű, melanoszóma-hoz hasonló képleteket és lenyomatokat találtak. Ezeket a kutatók elektronmikroszkóp alatt vizsgálták meg annak érdekében, hogy kiderítsék, valójában mik is ezek a képletek. Minthogy a pusztán hasonlóság önmagában kevés, a csapat két különböző kémiai eljárással is megpróbálta kimutatni a mintákból az eumelanin nevű pigmentet: szekunder-ion tömegspektrometriával és reflexiós infravörös spektroszkópiával.

A kutatás világosan rámutat, hogy a melanoszóma képek fosszilizálódnak a tollakban, és azt is felfedi, hogy az *Anchiornis*-nak minden bizonnyal sötét tónusú tollazata volt. Ennek fényében az *Anchiornis*-ról készült rekonstrukciók máris sokkal életközelibbek (5. ábra). A módszer előtt természetesen még hosszú út áll, míg ezt a fajta vizsgálatot még több őslélektudományi elvégezhetjük.

Volt idő a tudománytörténet során, amikor a legegyszerűbb elektronmikroszkópos képalkotás is elképzelhetetlen lu-



5. ábra. Az *Anchiornis huxleyi* vizsgált tollazatú példánya, és az újabb tudományos kutatások eredményeinek tükrében készült újabb rekonstrukciók egyike.

Méretarány: 2 cm (Forrás: <http://planet-terre.ens-lyon.fr>; rekonstrukció: Chuang Zhao és Lida Xing)

xusnak hatott, ma pedig mindez már csaknem közösleges módszernek számít. E képalkotási technológiák fejlődését nyilvánvalóan befolyásolják az elérni kívánt célok, annyi azonban bizonyos, hogy a módszerek fejlődése szinte napról napra történik és fog történni. Ha a maiakhoz hasonló eljárások már 200 évvel ezelőtt is elérhetőek lettek volna, talán sosem hallunk az *Iguanodon* tévesen azonosított orrszarváról, és a tudománytörténet közel készült illusztrációkkal töltött emléktára is sokkal szegényesebb lenne. A múlt természettudományos ábrái folytonossá-

got alkotnak a jelenével, nem alábecsülendőek, sőt a mai tudomány számára tiszteletre méltóak, akár ha egy hosszútávú gondolattal vissza élete első lépéseire.



Irodalom

- [1] Tapanila, L., Pruitt, J., Pradel, A., Wilga, C. D., Ramsay, J. B., Schlader, R., Didier, D. A. (2013). Jaws for a spiral-tooth whorl: CT images reveal novel adaptation and phylogeny in fossil Helicoprion. *Biology Letters*, 9: 20130057. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2013.0057>
- [2] Hegna, T. A., Martin, M. J., Darroch, S. A. F. (2017). Pyritized in situ trilobite eggs from the Ordovician of New York (Lorraine Group): Implications for trilobite reproductive biology. *Geology*, G38773.1, DOI: 10.1130/G38773.1
- [3] Sherratt, E., del Rosario Castañeda, M., Garwood, R. J., Mahler, D. L., Sanger, T. J., Herrel, A., de Queiroz, K., Losos, J. B. (2015). PNAS, 112(32), 9961-9966.
- [4] Daza, J. D., Stanely, E. L., Wagner, P., Bauer, A. M., Grimaldi, D. A. (2016). Mid-Cretaceous amber fossils illuminate the past diversity of tropical lizards. *Science Advances*, 2(3), e1501080, DOI: 10.1126/sciadv.1501080
- [5] Holden, A. R., Koch, J. B., Griswold, T., Erwin, D. M., Hall, J. (2014). Leafcutter Bee Nests and Pupae from the Rancho La Brea Tar Pits of Southern California: Implications for Understanding the Paleoenvironment of the Late Pleistocene. *PLoS ONE* 9(4), e94724, doi:10.1371/journal.pone.0094724
- [6] Fözy, I., Sente, I. (2012). Ősmaradványok – A Kárpát-Pannon térség kőületei. *Geolitera*, p. 584.
- [7] Hendricks, J. R. (2015). *Glowing Seashells: Diversity of Fossilized Coloration Patterns on Coral Reef-Associated Cone Snail (Gastropoda: Conidae) Shells from the Neogene of the Dominican Republic*. *PLoS ONE*, 10(4): e0120924, doi:10.1371/journal.pone.0120924
- [8] Lindgren, J., Sjövall, P., Carney, R. M., Cincotta, A., Uvdal, P., Hutcheson, S. W., Gustafsson, O., Lefèvre, U., Escuillie, F., Heimdal, J., Engdahl, A., Gren, J. A., Kear, B. P., Wakamatsu, K., Yans, J., Godefroit, P. (2016). Molecular composition and ultrastructure of Jurassic paravian feathers. *Scientific Reports*, 5:13520, DOI: 10.1038/srep13520

Rákgyógyítás és terrorizmus

A *CERN Courier*, az Európai Atommagkutató Központ (eredeti elnevezése szerint *Centre Européen pour la Recherche Nucléaire*, CERN) hivatalos folyóirata márciusi száma érdekes cikket közölt a rákgyógyászat és a nemzetközi terrorizmus kapcsolatáról. [1] A statisztikák szerint a daganatos megbetegedések száma a világon az 2015-ös évi 25 millió esetről 2035-re várhatóan 65–70%-kal fog növekedni az alacsony és közepes jövedelmű országokban, ahol anyagi okokból a sugárterápiás eszközökből nem áll rendelkezésre az eredményes kezeléshez szükséges kapacitás. Erre a kritikus helyzetre az ENSZ Egészségügyi Világszervezete hívta fel a figyelmet.

A sugárterápia napjainkban a daganatos betegek kezelésében az egyik leggyakrabban alkalmazott eljárás. Körülbelül a daganatos betegek fele részesül kezelésében során valamilyen besugárzásban. A sugárkezelés lényegét nagyenergiájú ionizáló sugárzás gyógyító célú alkalmazása jelenti. A sugárzás az örökítő anyag (DNS) károsítása révén gátolja a sejtosztódást. Ez a folyamat azonban nem szelektív, mivel mind az egészséges, mind a daganatos sejteket érinti.

Korábban a sugárkezelést elsősorban radioaktív izotópokkal végezték, amelyek közül a leggyakrabban cézium-137, kobalt-60, irídium-192, americium-241, valamint kombinált americium-241/berillium sugárforrásokat használtak. A technika fejlődésével a modern sugárterápiában bevezettek olyan lineáris elektrongyorsítókat („electron linac”), amelyeknek a sugármalájába közvetlenül bombázza a felületi daganatokat, vagy más céltárgyra, pl. wolframra, irányítva nagyenergiájú gamma-sugárzást (fotonokat) kelt, amellyel a mélyebben fekvő daganatok is elérhetők.

Lineáris elektrongyorsítót először az 1950-es években használtak klinikai célokra Nagy-Britanniában és az Egyesült Államokban. Azóta nagy fejlődés történt, egyrészt a gyorsítótechnikában, másrészt annak klinikai alkalmazása terén. Az új módszer használatára egyre nagyobb az igény. Hátránya annak meglehetősen költséges volta, ezért szegényebb országokban továbbra is a radioaktív sugárterápia dominál.

A globális terrorizmus megjelenése viszont új helyzetet teremtett. A terroristák például a radioaktív sugárforrásokat jelentős károk és egészségi ártalmak okozására használhatják. Nagyintenzitású sugárforrásokat, mint a kobalt-60, nyilvános helyszíneken elrejtve például jelentős egészsé-



Lineáris gyorsító az orvostudomány szolgálatában

gi károsodást okozhatnak a közösségnek. A sugárforrásokkal továbbá megmérgezhetik az élelmiszer- és vízkészleteket, és az ellátásban jelentős fennakadást okozhatnak. A radioaktív anyagot tüzesetknél vagy robbantásoknál felhasználva nagy területeket szennyezhetnek be és tehetnek elérhetetlenné a népesség számára. A tömegpusztító fegyverekkel ellentétben ezek az izotópok nem okoznak tömegkatasztrófákat vagy végzetes egészségkárosodást, ellenben jelentős gazdasági, társadalmi és pszichológiai hatást kelthetnek, beleértve a keletkező széleskörű félelmet és aggodalmat. Bár a kiváltott hatás csak a társadalom korlátozott részét érintené, a várható hatások miatti aggodalom növelheti azt a pszichológiai terhet, amelyet például a fukusimai atomerőmű balesete nyomán fellépő sugárszennyezéstől való félelem váltott ki.

Bár ez ideig ilyen támadásra szerencsére még nem került sor, bizonyítékok jelzik, hogy egy terroristatámadás mérhetetlenül pusztító hatást váltana ki. 1987-ben a brazil Goiânia város egyik kórházában örizetlenül hagytak egy cézium-137 besugárzó berendezést, amelyet guberálók elloptak, és az irídium védőablakot feltörték, ezáltal a sugárzás kiszabadult. A berendezést végül eladták egy ócskásnak. A készülék belsejében lévő kékesen fénylő cézium-klorid henger értékesnek tűnt, ezért darabokra törve árulták szabadízzenek. Az incidens négy halálesethez vezetett és 28 ember került kórházba súlyos sugárzás okozta égési sebekkel. 250 ember érintkezett a céziummal, közülük 150-en belső károsodást szenvedtek a belélegzett radioaktív por miatt. Több mint 85 lakás vált „súlyosan szennyezetté”, és 41 lakás „teljesen vagy részlegesen megsemmisült.” Az incidens eredményeképpen a kormány jelentős presztízavesztéséget

szenvedett, mivel nem volt képes számot adni az országban lévő radioaktív anyagok 30%-ának (!) hollétéről.

Hasonló esetek elkerülése céljából egyrészt a radioaktív anyagok fokozott védelmére van szükség, másrészt át kell térni a modern lineáris gyorsítón alapuló sugárforrások használatára. Mindkét esetben jelentős költségekkel lehet számolni, valamint szükség van jól képzett szakemberekre és megfelelő infrastruktúrára is, ami a fejletlen országokra nagy terheket ró. A kobalt-60 használatának egyszerű megszüntetése ezért sok fejlődő országban a betegek megfosztaná a kezelés lehetőségétől.

Az Egyesült Államok Nemzeti Nukleáris Biztonsági Hivatala (*National Nuclear Security Administration*) Sugárbiztonsági Irodája (*Office of Radiological Security*) hangsúlyozta, hogy a fejlődő országokban is szükség van modern, nem izotópokon alapuló sugárkezelési lehetőségére. A *Center of Nonproliferation Studies* (CNS, Monterey, CA) pedig a következő jelmondatot javasolta: „Treatment not terror” (Kezelés, nem terror).

2016. novemberében a CERN elsőként szervezett munkaértekezletet, hogy megvitassák az alacsony és közepes költségvetésű országok számára kifejlesztendő sugárterápiás lineáris gyorsítók tervezésének módjait. Tizenöt országból 75-en vettek részt a workshopon. A szervezők vezető szakértőket hívtak meg nemzetközi szervezetekből, kormányügynökségektől, kutatóintézetekből, egyetemektől, kórházakból, valamint olyan ipari cégektől, amelyek hagyományos röntgen- és sugárterápiás berendezéseket gyártanak.

Valami elindult tehát annak érdekében, hogy kivédjék a terrorizmus fenyegetését a rák sugárterápiás kezelésének területén.

(A *CERN Courier* 2017. márciusi száma nyomán.)

BENCZE GYULA

Irodalom

1. *Developing medical linacs for challenging regions*, CERN Courier 57/2, March 2017.
2. M. Pomper et al., 2016. *Treatment Not Terror Strategies to Enhance External Beam Therapy in Developing Countries While Permanently Reducing the Risk of Radiological Terrorism* (report) www.stanleyfoundation.org/publication/reports/TreatmentNotTerror212.pdf.



(2017. március)

SZUPERFÖLDEK

Napjainkban, amikor elsősorban a NASA Kepler-űrtávcsövének köszönhetően a csillagászok már ezerszámra ismernek exobolygókat (Naprendszeren kívüli, más csillagok körül keringő bolygókat), megpróbálják csoportosítani ezeket az égitesteket, méretüket és tömegüket a Naprendszer bolygoihoz viszonyítva. Így alakult ki a többek közt a szuperföldek kategóriája: ebbe a csoportba azok az exobolygók tartoznak, amelyek tömege legfeljebb 5–10-szerese a Földének, sugárjuk pedig a Földé 1,2–2,5-szöröse közé esik. (Utóbbi határt illetően nem teljes az egyetértés, a Keplerrel dolgozó kutatók 2,5 helyett a 2 föld-sugárnál nagyobb bolygókat már a minineptunuszok közé sorolják, régebben pedig minden olyan exobolygót szuperföldnek tekintettek, amelynek tömege a Földé és a Neptunuszé közé esik.) Mint tudjuk, ilyen tulajdonságú bolygó a Naprendszerünkben nincs, a Neptunusz sugara négyszerese a Földének, tömege pedig 17-szer nagyobb, az Uránusz pedig valamivel még nagyobb, de a tömege csak 14,5 földtömeg.

A szuperföld és a mini-neptunusz közötti határ azonban nem csak a méret és a tömeg szempontjából érdekes. A Naprendszerben a Föld a kőzetbolygók, a Neptunusz viszont a gázbolygók közé tartozik, az exobolygókról viszont nehéz eldönteni, melyik fizikai típusba tartoznak. Tömegük és méretük ismeretében kiszámítható az átlagsűrűségük, de még így is bizonytalanságot okoz, hogy hidrogén- és hélium-légkörrel körülvett kőzetbolygót pusztán a sűrűsége alapján nehéz megkülönböztetni egy jelentős részben vízből és/vagy vízjégből álló bolygótól. Segítséget jelent, hogy sikerül a bolygó légkörének összetételéről is információt szerezni, például amikor a bolygó a Földről nézve átvonul csillaga előtt. Az eddigi vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy az 1,5–2 föld-sugárnál kisebb bolygók valódi, a Földhöz hasonló kőzetbolygók, viszonylag vékony légkörrel (erről árulkodik, hogy minél nagyobb az átmérőjük, annál nagyobb a sűrűségük). Úgy tűnik, hogy 2 föld-sugár fölött az exobolygókra a vastag légkör jellemző, tehát jogos a mini-neptunuszként történő kategorizálásuk. Természetesen akadnak kivételek is, például a Kepler-138b tömege kisebb a Földénél, sugara viszont 50%-kal nagyobb.

A Kepler által felfedezett, több bolygót tartalmazó rendszerek néhány tucat, a csillaguktól legfeljebb néhány tized csillagászati egység távolságban lévő bolygója esetében sikerült több-kevesebb bizonytalansággal megállapítani a sűrűségüket. A bolygók jelentős részének sűrűsége a jégét sem éri el, ezek lehetnek a kiterjedt légkőrű égitestek. A Keplerrel megfigyelt összes bolygó kevesebb mint 20%-a 1–1,4 föld-sugárú, mintegy 25%-a 1,4–2 föld-sugárú és nem egész 30%-a 2–2,8 föld-sugárú, a többi ennél nagyobb. Figyelembe véve, hogy a nagyobb bolygókat könnyebb felfedezni, az eredményeket korrigálták, és azt kapták, hogy a Tejútrendszer egy csillagára a fenti mérettartományok mindegyikében körülbelül 0,3 bolygó jut, vagyis az egy csillagra jutó átlagos bolygószám – a legnagyobbakat is figyelembe véve – meghaladta az 1-et. Az alaposabban ismert égitestek száma sokkal csekélyebb. 2015-ben amerikai csillagászok 10 kisméretű exobolygót vizsgáltak meg, és megállapították, hogy közülük öt sugara kisebb 1,6 föld-sugárnál, átlagsűrűségük pedig hasonló a Földéhez és a Vénuszéhoz, így feltételezhető, hogy összetételük is ezekhez hasonló lehet. További érdekes – bár nem meglepő – megfigyelés a Kepler sok száz exobolygója alapján, hogy a 2–10 föld-sugár mérettartományban (a minineptunuszoknál) szinte teljesen hiányoznak a csillagukat 4 napnál rövidebb idő alatt megkerülő bolygók, míg a kisebbeknél jócskán akadnak ilyenek is. Vélhetően a csillag közelében a bolygók nem tudják a kiterjedt légkört megtartani, így légkörük elillan, és átcsúsznak a szuperföldek közé. Eddig összesen mintegy 700 szuperföldet és 900 mini-neptunuszt fedeztek fel.

Fontos kérdés, hogy miért nincsenek szuperföldek a Naprendszerben. A fenti gyakorisági adatok alapján úgy tűnik, hogy minden harmadik bolygórendszerben kellene lennie egy szuperföldnek vagy egy mini-neptunusznak, ugyanakkor a Szaturnuszhoz és a Jupiterhez hasonló óriásokból csak 50 bolygórendszerként fordul elő átlagosan egy. Ezzel szemben a Naprendszerben az előbbi két csoportnak egyetlen tagja sincs jelen, utóbbiból viszont kető is akad. Egyelőre nehéz megmondani, különlegessé teszi-e ez a Naprendszert, és ha igen, összefügghet-e ez a különlegesség az élet létrejöttével. Mindenesetre egyes csillagászok remélik, hogy valahol a Kuiper-övben ráakadhatnak a „mi szuperföldünkre” (2014-ben találtak ugyan a létezésére utaló jeleket, de eddig nem sikerült ráakadni). Azért okozza ez egyeseknek különleges örömet, mert vannak, akik még a gondolatától is irtóznak annak, hogy a Naprendszer nem egyszerűen egy „átlagos” bolygórendszer, és benne az élet

különleges, vagyis az élet nem olyan gyakori a Világegyetemben, ahogyan remélik.

Ha már szóba kerül az élet, természetesen az is érdekes, hogyan helyezkednek el a felfedezett bolygók a csillaguk lakható zónájához képest (ahol folyékony víz lehet egy bolygó felszínén). Erre vonatkozóan érdekes diagramot közöl a cikk, amely a <https://is.gd/hzsaga> címen a hozzá tartozó részletes magyarázattal együtt megtekinthető.

nature

(2017. március 2.)

3,77 MILLIÁRD ÉVES A FÖLDI ÉLET LEGKORÁBBI BIZONYÍTÉKA

Lehetséges, hogy a földi élet nem a sekély tengerekben, hanem az óceánok napfénymentes mélységeiben alakulhatott ki. Egy új tanulmányban a kutatók 3,77 milliárd éves kőzetekben találtak cső alakú ósmaradványokat, amelyek a hidrotermális hasadékoknál megismert formákra hasonlítanak. Ezek több mint 300 millió évvel idősebbek, mint a földi élővilág eddig ismert legősibb nyomai – a sztromatolitoknak nevezett sekélytengeri mikrobaszőnyegeket. Egyes kutatók azonban még szkeptikusak az új leleteket illetően.

Az élet megjelenése a Földön régóta vitatott kérdés. A lemeztektonika és a földkéreg állandó újrafeldolgozása miatt nagyon kevés 3 milliárd évesnél idősebb kőzetet ismerünk a 4,55 milliárd éves bolygónkon. Ráadásul a megmaradt kőzetek is gyakran átalakulnak, meggyűrődnek, sőt a kémiai összetételük is megváltozhat a hatalmas hő és nyomás hatására. Emiatt rendkívül nehéz az élet egyértelmű nyomait felfedezni és kimutatni az idős kőzetekben.

Ennek ellenére a kutatók folyamatosan vizsgálják a legidősebb kőzeteket az egykori élőlények szerkezeti, vagy kémiai nyomait kutatva. Tavaly például furcsa formákat találtak a grönlandi 3,7 milliárd éves kőzetekben, amelyek sztromatolitok lehetnek, bár többen kétségbe vonják ezt az értelmezést. A fosszilizálódott algaszőnyegeket legkorábbi egyértelmű bizonyítékai 3,4 milliárd éves ausztráliai kőzetekből ismertek. A paleontológusok ezeket tekintik a korai földi élővilág legelső elfogadott bizonyítékának.

Néhány kutató azonban úgy gondolja, hogy az óceáni élet korábban és mélyeb-

ben kezdődhetett. A modern óceánokban gazdag élővilág található az óceánközépi hátságok és a szubdukciós zónák környékén előforduló hidrotermális hasadékokban és környékükön. A hasadékokból a magma által túlhevített tengervíz tör fel, ami nagyon gazdag fémásványokban, például vas-szulfidban. Amint a víz az aljzatról előtörve lehűl, a fémek kiválnak és lerakódnak belőle, toronyszerű kéményeket hozva létre. A napfény nélküli, ellenséges környezeteket benépesítő rejtélyes ökoszisztémák többek között baktériumokból és hatalmas csövesférgekből állnak, amelyek nem fotoszintézis révén jutnak hozzá a szükséges energiához. A kutatók szerint hasonló szívós közösségek nemcsak a korai Földön virágozhattak, hanem analógiát jelenthetnek más bolygók élővilágára is.

Egy kutatócsoport most új bizonyítékot talált az ősi, hidrotermális hasadékokban élő élővilágra. A minták a kanadai Québec tartományból származnak, és legalább 3,77 milliárd évesek, de akár 4 milliárd évnél is idősebbek lehetnek. A geológusok hajszálvékony szeleteket vizsgáltak a kőzetből, és érdekes megjelenésű morfológiai elemeket találtak: vas-oxidból (hematit) álló kicsi csöveket észleltek, és olyan hematitszalakat, amelyek néha nagyobb csomókban végzódnak. Ehhez hasonló szálak és csövek már jól ismertek a fiatalabb üledékes kőzetekből, és a vas-oxidáló baktériumok működésének tulajdonítanak őket a hidrotermális hasadékok környezetében.

A kutatók kisméretű, gyűrű alakú karbonátos „rozettákat” is találtak, melyek az élet létfontosságú elemeinek nyomait tartalmazták, például kalciumot, foszfort és szén (kis grafit szemcsék formájában). Ilyen rozettákat és szemcséket korábban is észleltek már a hasonló korú kőzetekben, de a biológiai eredetük erősen vitatott volt. A rozetták ugyanis biológiai közreműködés nélkül is kialakulhatnak különböző kémiai reakciók során. A most vizsgált kőzet azonban apatitot (kalcium-foszfát ásványt) is tartalmaz, ami mikroorganizmusok jelenlétére utal. A grafit szemcsék pedig a baktériumok által irányított bonyolult kémiai láncreakciók termékei lehetnek. A kőzet szerkezete és kémiai összetétele biológiai eredetre utal, egy tengeraltali hidrotermális hasadék közelében. A kőzet kora alapján ez lehet a földi élet legidősebb ismert nyoma.

Ez nem szükségszerűen jelenti azt, hogy az élet a sekélytengerek helyett az óceánok mélyén alakult ki. Főleg, ha feltételezzük, hogy a megjelenő élet nagyon gyorsan elterjedt és változatossá vált az óceánokban. Mind a vas-oxidáló baktériumok, mind a sztromatolitokat építő cianobaktériumok

kialakulhattak egy korábban élt ősből is. Ha a hematitsöveket és -szalakat vas-oxidáló baktériumok hozták létre, akkor ehhez oxigénre volt szükségük a földtörténet ezen korai szakaszában. Ez azt feltételezi, hogy a fotoszintetizáló baktériumok is jelen voltak már valahol a közelben, de még akkor is kérdéses, hogy az oxigén hogyan jutott le a Föld korai óceánjainak mélyére. A sztromatolitokat létrehozó cianobaktériumok viszont nem oxigénfogyasztók, hanem termelők, így akár azok is lehetnek az oxigén forrásai.

bild der wissenschaft

(2017. március 22.)

A HUNOK GAZDÁLKODÓVÁ VÁLÁSA

A rómaiak a hunokat fosztogató barbároknak tartották, akiknek csak a háborúskodás járt a fejükben, és akik a Római Birodalmat romba taszították. Ám a késő antik határvidéki sírjainak és halottainak vizsgálata más eredményt mutat: mégpedig (legalábbis részben) a békés egymás mellett élés képét. A legújabb kutatások szerint a Duna mentén a helyi lakosság és a hunok szoros kapcsolatban álltak egymással, mindkét fél erősen alkalmazkodott a másik életviteléhez és táplálkozásához, sőt a Cambridge-i Egyetemen *Susanne Hakenbeck* régész és kollégái jelentése szerint sírjaikat is alig lehetett egymástól megkülönböztetni.

A hunokkal kezdődött a nagy népvándorlás. Az V. században a nomád lovasok Közép-Ázsiából nyugat felé nyomultak előre. Attila uralkodása alatt a késő klasszikus történetek által „hunoknak” nevezett harcosok meghódították a Balkán nagy részét és részben a Duna térségében telepedtek le. Onnan törtek be újra és újra a szomszédos nyugati római provinciákba, illetve Attila lovas harcosai időszakosan még Itáliáig is eljutottak. Ezek a támadások lehettek a destabilizáció kiváltó okai, amik végül a Nyugatrómai Birodalom összeomlásához vezethettek.

Kortárs jelentések erőszakról, árulásokról és szerződésekről számolnak be, amiket milyen gyorsan kötöttek, olyan gyorsan fel is bontottak. A késő ókori művelt rómaiak számára a nomád lovasok civilizálatlan barbárok voltak, akiket minden áron le akartak győzni. A nomád életmód mellett a rómaiak többek között a hunok szokásait is különönsnek tartották, például

ul hogy gyermekeik fejét úgy kötötték be, hogy felfelé erősen kicsúcsosodó „torony fejek” jöjjenek létre. Ám a római elit történetírás csak kevés információt tartalmaz arról, hogy milyen volt valójában az élet a Duna menti határ régióban. A késő antik jelentésekkel szemben az erről a területről származó eddigi leletek csak kevés bizonyítékkal szolgálnak a háborúskodásról és rombolásról.

Ahhoz, hogy többet megtudjanak a hunok és a helyi lakosság Duna-régióban való együttéléséről, a kutatók a mai Magyarország területén található öt késő antik temetőből származó emberi maradványokat vizsgáltak. A kutatáshoz a halottak koponyáját és fogait, valamint a sírokban található tárgyakat vizsgálták, több fogból és csontból vettek mintát. A vizsgálati anyag izotópos elemzésével betekintést nyertek a halottak származásába, életmódjába és táplálkozásába. A nitrogénizotópok arányának meghatározása lehetővé teszi, hogy következtessenek az állati fehérje relatív arányára a táplálékban. A stroncium- és oxigénizotópokat arra használják, hogy megállapítsák, hogy az egyén ott nőtt-e fel, ahol eltemették, vagy sem.

Az elemzés meglepő dolgokra derített fényt: semmiféle jelentős társadalmi zavarokra, vagy gazdasági nehézségekre utaló bizonyítékot nem találtak. A sírok mindegyike jól megtervezett és jól felszerelt volt. A kutatók minden temetőben rábukkantak mindkét életmódra, a hunok félnomád, valamint a helyi lakosság gazdálkodó életmódjának bizonyítékaira. Ez felismerhető volt többek között mind a nyugat-római, mind a közép-ázsiai eredetű sírokban található tárgyak alapján. Az izotópos elemzések szerint némely halott nem helyi származású volt, vagyis feltehetően hun. Ennek ellenére sírjaik sem elkülönítve nem voltak, és lényegesen nem is különböztek a helyi lakosok sírjaitól. Ezek a bizonyítékok arra engednek következtetni, hogy a Közép-Ázsiából érkező csoportok vagy egyének nem voltak kíváncsiak, hanem egy vegyes környezet részei voltak a késő antik Pannóniában.

Ez az integráció és a hunok, valamint a helyi gazdák keveredése a lakosság érendjében is tükröződött. A halottak némelyike élete során megváltoztatta táplálkozását: kezdetben a hús és a köles dominált, ahogy az a nomád hunok szokása volt. Aztán csökkent a hús aránya és az étrend nagyobb részét a gabona és a zöldség tette ki. Összességében minden halott izotóptérteke az akkori közép-európai lakosok és a közép-ázsiai nomádok értékei között volt. Ez is azt jelzi, hogy a Duna mentén a gazdálkodók és a nomádok életmódbeli és étkezési szokásai igazodtak egymáshoz. Feltételezhető, hogy a csoportok és az egyének

változtatták az életmódjukat, mégpedig gyakran nagyon gyorsan.

A nomád állattartók gazdálkodók lettek, a gazdálkodók pedig állattartók. A sírleletek azt bizonyítják, hogy némely gazda még a koponyadeformálás szokását is nyilvánvalóan átvette hun szomszédjától.

Ahelyett tehát, hogy legyőzték volna a hunokat, a határ menti terület lakossága praktikusán járt el: elfogadta új szomszédját és elnézett tőle némely hasznos dolgot. Megfordítva: az ott letelepedő hunok elkezdtek kisebb állatállományokat tartani, ahhoz pedig több gabonát és zöldséget termeszteni. Míg a Római Birodalom utolsó évszázadából származó írásos emlékek középpontjában az erőszak kitörések állnak, addig az új adatok a határ menti területen élő emberek bizonyos fokú együttműködésére és együttélésére utalnak. A civilizációk összecsapása helyett az életmódok közötti zökkenőmentes átmenet lehetett ezeknek az embereknek a túlélési stratégiája a bizonytalan időkben.

EOS

(2017. március 6.)

MIT ADOTT A TUDOMÁNYNAK AZ MH370 TRAGÉDIÁJA?

2014. március 8-án a maláj légitársaság MH370-es járata eltűnt az Indiai-óceán felett. A rejtélyes eltűnést követően hatalmas keresési hadjárat indult, hogy kiderüljön a gép sorsa. Ennek keretein belül az Indiai-óceán déli medencéjében az óceánfenék rendkívül részletes ultramodern szonáros vizs-

gálatára is sor került, mintegy 279 ezer négyzetkilométernyi területet térképeztek fel 2014 és 2016 nyara közt. A felmérést az Ausztrál Közlekedésbiztonsági Ügynökség (ATSB) vezette, és kizárólag a repülőgép roncsának felkutatásához szükséges batimetriai adatok begyűjtése volt a cél. A területről korábban (műholdas gravitációs mérésekkel) készült tengerfenék-térképek átlagosan 5 km felbontásúak voltak, az eltűnt maláj repülőgép utáni kutatás kapcsán viszont 0,1 km felbontású született, nagyjából akkor területről, mint Új-Zéland.

Az enyhén ívelt sávot 75–160 km szélességben, a gép eltűnésének helyéből kiindulva az óceáni áramlatokat figyelembe véve (a gép roncsainak sodródása miatt) jelölték ki, ezt járták be a többsugaras mélységmérő szonárral felszerelt hajók. Mivel a szonár jeleinek terjedési sebességét a tengervíz sőtartalma és hőmérséklete is befolyásolja, így a felmérés során ezen adatokkal korrigálták a kapott visszhang idejét. A sekélyebb területeken 100 kHz-es, a mélyebbekben pedig 30 kHz-es jelet használtak a mérésekhez – az érintett régió mélysége 635 és 6000 méter között változik. A szonár visszhangjának vizsgálatából az is kiderült, az adott pont mélységén kívül, hogy milyen a tengerfenék – kemény, sziklás, avagy laza, puha, iszapos üledékkel borított. A batimetriai adatok nem csupán geológiai vagy az óceáni áramlatok szempontjából fontosak. Ezekből az is kiderülhet, hogy egy adott terület élővilágát egyes helyszíneken milyen egyedi sajátosságú állatok és növények képviselhetik.

A 3D térképen feltűntek a fenékről 1400 méterre kiemelkedő fenékhégyek (egykori vulkánok), kb. 300 méter magas, egymással nagyjából párhuzamosan futó gerincek, illetve az ezekre gyakran merőleges, 1400 méteres mélységű árkok. A felmérés, ami a Batavia-fenékhegyától a Geelvinck-törésvonalig húzódott, nagyjából a közepén elhelyezkedő Broken-hátsággal és

Diamantina-lejtővel, igen komplex területet tárt fel. A Broken-hátság és a ma tőle mintegy 3000 km-re lévő Kerguelen-plató például a kréta időszakban még egymással szomszédos magmás területek voltak, és a Délkelet-indiai-óceáni hátság távolította el őket mintegy 43 millió éve. A Broken-hátság meredek oldala, a Diamantina-lejtő árulkodik a riftesedési folyamatokról. Itt 638 méterről 5800 méteres mélységűre vált a tengerfenék, közben igen nagy, 67 fokos szögű lejtők váltakoznak a 15–25 km átmérőjű, a fenéktől 1000 méterig kiemelkedő rögökkel. A felmérés során kiderült, hogy a lesüllyedt árkok mélyén a riftesedéskor, illetve az ezt követő időszakban a leomló törmelék is felhalmozódott. A Broken-hátságtól kicsit északabbra a pedig hatalmas törmelékárak szétterülő nyomain is fellelhetők. Ezek egyike 10 km szélesen és 150 km hosszban nyúlik el, és mintegy 180 méteres átlagos vastagságú.

Az ausztrál és az antarktiszi lemezek szétszóródó, kb. 2200–5000 méter mély területéről részletes képet kaptak a felmérésből, a Délkelet-indiai-óceáni hátság több millió évvel ezelőtti vonala mentén a medencét felszabdáló törések, vetők, a köztük kialakult egyedi, vagy kisebb láncokat alkotó vulkánok tárultak fel. A vulkánok átmérője 0,5–15 km közötti, némelyik magassága az 1500 métert is eléri (a tengerfenéktől számítva), lejtőszögeik pedig 10–30 fok közöttiek. A bejárt terület kora a hátság menti szétszóródás miatt kb. 10–40 millió éves.

Jelenleg az óceánok fenekének csupán 10–15%-áról van hasonlóan részletes térképünk. Az Indiai-óceán területén ez az első ilyen aprólékos felbontású, így óriási munka vár még a jövőbeni batimetriai felmérések során a kutatókra. Abból a rengeteg részletből, amit a mostani, kis területet érintő felmérés kiderített, számítani lehet rá, hogy igen sok új információ származna az óceánjaink teljes körét érintő felmérésből, és ez hatalmas mértékben növelné meglévő tudásunkat.

Ajándékunk 500 iskolának

Április végén, május elején szerkesztőbizottsági tagunk, Charles Simonyi támogatásával, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatunk segítségével 450 hazai és 50 határainkon túli magyar tannyelvű iskola megkapja a legutóbbi Simonyi Károly-emlékszámunkat. A Természet Világa különszáma mellett egy levél is érkezik az iskolákba:

Tisztelt Intézetvezető!

Iskolájuknak, ajándékként küldjük a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Természet Világa folyóiratának különszámát, a Simonyi Károly-emlékszámot.

Ez a kiadvány egy legendás műegyetemi professzornak, egy igazi tudóstannárnak állít emléket. Simonyi Károly örök értékeket hagyott az utókorra, könyveiből nemzedékek tanultak és tanulnak ma is.

Szerencsésnek mondhatják magukat azok, akik részesülhettek szellemen sugárzásából, igaz humánumból. Ebből ad cseppnyit a Ter-

mészet Világa emlékszáma: Simonyi Károly írásaival, vele készített interjúkkal, munkatársainak, tanítványainak, róla elnevezett intézmények vezetőinek, valamint kutatásai továbbvivőinek írásaival.

Úgy érezzük, a Simonyi Károly-emlékszám hasznos olvasmány lesz tanáraiknak és diákjaiknak egyaránt.

Fogadják tőlünk szeretettel.

Budapest, 2017. április 12.

Dr. Charles Simonyi akadémikus, a Természet Világa Szerkesztőbizottságának tagja

Dr. Hámori József akadémikus, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat elnöke



XXVI. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Egy invazív fafajunk, a mirigyes bálványfa szövettani vizsgálata

LEKKA ÁKOS

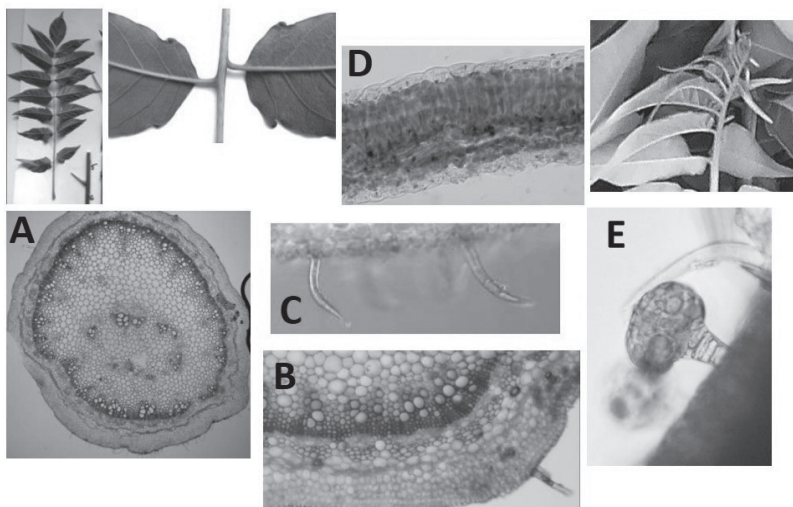
Bessenyei György Gimnázium, Kisvárd

Korunk egyik legnagyobb problémája az őshonos növények állományának fenntartása, illetve azok élőhelyének megőrzése az invazív fajokkal szemben. Az egész világon számos környezeti probléma köthető az invazív növényekhez.

„A mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) a világon és hazánkban is igen elterjedt, Kelet-Ázsiából (Kína, Japán) származó, magról és gyökérsarjakról is sikeresen, gyorsan szaporodó, így a települések és erdőszélek bolygatott, roncsolt területeit sikeresen elfoglaló veszélyes özőnfaj. Hároméves ágmeteszeteinek szövettani felépítését a hazai xylotómia atyja, Greguss Pál is vizsgálta, és érdekes leírását adta.” [1] „A mirigyes bálványfa hazai állományát tekintve főleg sík- és dombvidéken terjedt el. Szakirodalmi adatok támasztják alá, hogy csírázásgátló anyagot, valamint kvercetin, galluszsavat, elágsavat, izokvercetin, komferolt, p-kumársavat és kaffersavat tartalmaz. Mindezek mellett cserzőanyag-tartalma magas.” [2] Gyors növekedése miatt fásításra, bútort-, farostlemez- és papírgyártásra egyaránt hasznosítható.

Vizsgálataink során az említett mirigyes bálványfa szövetét tanulmányoztuk hossz- és keresztmetszetek segítségével. Munkánk során célul tűztük ki:

- szövettani preparátumok készítését a növény különböző szerveiből;
- a metszetek festését a faelemek, a raktározott, valamint a kiválasztott anyagok vizsgálatához;
- továbbá az eredmények összevetését a szakirodalmi adatokkal, annak megválaszolására, hogy milyen szövettani sajátosságok jellemzik ezt a fajt, illetve melyek azok a szövettani jellemzők, amelyek hozzájárulhatnak a faj gyors és sikeres elterjedéséhez.



1. ábra. A levélnyel (A–B) és a levéllemez toluidinkékkel festett keresztmetszete, valamint a levélnyelet kívülről borító fedőszőrök (C); levéllemez keresztmetszete (D); levéllemez borító antociántartalmú fedőszőrök (E)

Irodalmi áttekintés

„Napjainkban súlyos problémát jelent az invazív növények térhódítása a természetes élőhelyeken.” [3, 4] „E tekintetben a nagy gyarmattartók jártak az élen, de sajnos, az olyan tenger nélküli ország, mint hazánk, szintén »kivette a részét«.” [3] „A »behurcolt élőlények« által okozott természetvédelmi, gazdasági és egyéb kár mértéke világszerte folyamatosan nő.” [5]

„Általános megközelítésben özőn- vagy inváziós fajon olyan fajokat értünk, melyek természetes előfordulási területükön kívül is képesek megtelepedni és gyorsan terjedni, veszélyeztetve ezáltal az ott élő őshonos életközösségek ökológiai egyensúlyát.” [3] „Az özőnfajok – gyakran

igen nagy számban – létrehozott szaporító képleteit viszonylag rövid idő alatt a szülőegyedektől jelentős távolságra is eljuttathatnak, és ez által jelentős területeken képesek elterjedni.” [6]

Az özőnfajok terjedését nagymértékben elősegíti a természetes élőhelyek különböző okokból történő bolygatása vagy a helytelen mezőgazdasági gyakorlat (például a legeltetés hiánya, vagy éppen a túlegeltetés stb.), hiszen az ilyen módon sérült, illetve rosszul kezelt területeken az özőnfajok könnyebben megtelepedhetnek.

A betelepített fajok meghatározó többsége – szerencsére – azonban csak kis területen terjedt el, azaz úgy is fogalmazhatnánk, hogy nem szabadult ki az emberi ellenőrzés alól. Az özőnfajok egyre fokozódó térhódí-

tása már nem csak a biológusokat foglalkoztatja. Egyes fajok jelenlétét szinte mindenki saját bőrén érzi, míg mások rohamos terjedésük ellenére sem váltják ki a társadalom figyelmét. Eddig soha nem látott mértékű előretörésük, térnyerésük azonban rendkívül sürgetővé teszi, hogy körültekintően és felelősséggel lépünk fel az inváziós fajok fenyegetése ellen. Annál is inkább, mert az eredményes fellépéshez nélkülözhetetlen az eltűnő politikai határokon átívelő nemzetközi együttműködés. A szakirodalomban találunk adatokat arra vonatkozóan, hogy milyen módszerek alkalmazásával miként lehetne megállítani, visszaszorítani ezen „idegen” fajok előrenyomulását, térhódítását. [7, 8]

„A nem őshonos fajok térfoglalását tekintve a fehér akácé (*Robinia pseudo-acacia*) az egyik legnagyobb arány. Ugyancsak gyakori az amerikai kőrís (*Fraxinus excelsior*) és a bálványfa (*Ailanthus altissima*) is.” [3] „Csontos és munkatársa is leírták a bálványfa (*Ailanthus altissima*) „invázióját” hazánkban.” [9]

A mirigyes bálványfa tudományos neve *Ailanthus altissima*. Rendszertani helyét tekintve a rutavirágúak (*Rutales*) rendjének bálványfafélék (*Simaroubaceae*) családjába tartozó, főként elő- és hátsó-indiai, valamint távol-keleti elterjedésű *Ailanthus* nemzetségbe hét faj tartozik, amelyeknek egyetlen mérsékelt övi képviselője az *Ailanthus altissima*. A fossziliák tanúsága szerint a nemzetség a harmadidőszakban Észak-Kínától az Amur vidékéig, Japántól Észak-Amerikáig, valamint a Földközi-tenger vidékén és Közép-Európában is elterjedt volt. Rövid életű, gyorsan növő fafaj.

vekedését, akkor agresszíven terjed. Már többen megfigyelték, hogy hazánkban a bálványfa mindig a lakott települések felől kiindulva elsősorban zavarott élőhelyeken, például utak, vasutak mentén terjed, és megtelepedéséhez bolygatott vagy nyílt talajfelszínre van szüksége.

A bálványfával fertőzött területek növényzete a fertőzést megelőző állapothoz képest folyamatosan degradálódik, kezdetben a gyökérből kioldódó allelopátiás vegyületek, majd a fokozódó beárnyékolás hatására az eredeti növényzet értékesebb fajai fokozatosan kiszorulnak. A nagy mennyiségű lehulló lombtömeg és az avar bomlása a talajban nitrogénfeldúsulást indít el, amit az árnyékkedvelő nitrofil zavarástűrő fajok megjelenése jelez. „A bálványfa allelopátiájával kapcsolatban a szakirodalomban olvashatunk arról, hogy a bálványfa-állományokban szembetűnően lassú a szukcesszió, és hosszú idő elteltével is látszólag szegény vegetáció marad alattuk. A bálványfának hazánkban semmilyen kórokozója és kártevője nem ismert. A bálványfa az életmódja és újrásarjadzó képessége miatt az egyik legnehezebben irtható inváziós faj. Irtásakor cél az újrásarjadzás megakadályozása.” [2]

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat kutatócsoportban végeztük. A mintavételhez a mirigyes bálványfa különböző fejlettségű és élőhelyről származó egyedeit használtuk. A levél és a szár vizsgálatához egy 3–4 éves facsemete 2014 tavaszától 2014 októberéig fejlődő vezérhajtásait használtuk. Ez az egyed egy homokos alapközetű kertben növekedett.

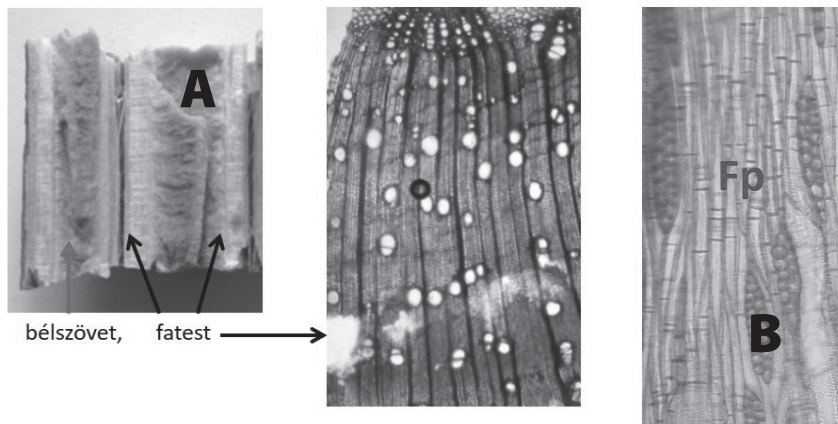
vicságyból emeltünk ki. A levél vizsgálatahoz a levélnyélből és a levéllemezéből, a szár vizsgálatához nyolc különböző növekedési szakaszban lévő internódiumból-szártagból vettünk mintát, hossz- és keresztmetszeteket készítettünk a szervekből. A további kísérletekhez 2015 nyarán a botanikus kertben fejlődő egyedek szerveiből vettünk mintákat.

A friss növényi részekből kézi metszéssel hossz- és keresztmetszeteket készítettünk. Fontos volt, hogy minél vékonyabb metszeteket készítsünk, hogy könnyebben és jobban láthatóvá váljanak a szövettani jellegzetességek. A kivágatott metszetekről a 10–15 perces festést követően eltávolítottuk a felesleges festéket, majd desztillált vízzel átmostuk, és 1:1 térfogatarányban hígított glicerines vízbe helyeztük. A metszeteket fedőlemezzel lefedtük, és körömlakkal kereteztük a jobb és hosszabb eltarthatóság miatt. A metszetek festéséhez olyan festékeket használtunk, amelyek segítenek elkülöníteni a sejtfal lignintartalmát alapján a xylém elemeit, valamint kimutatják a növény szerveiben a raktározott és kiválasztott anyagokat. A nyolc különböző vastagságú internódiumból készült metszeteket öt különböző festési eljárással tettük vizsgálhatóvá:

– *kongóvrörös-krizoidin*: „A kongóvrörös-krizoidin keverékkel szimultán kettős festést lehet végezni. A szállítószövet hancsrésze pirosra, farésze barnássárgára, a szilárdító alapszövetek közül a kollenchima pirosra, a szklerenchima citromsárgára, a fellogén által létrehozott másodlagos szövet, a paraszövet világosbarnára, a felloderma sötétpirosra, míg az epidermisz felületén a kutikula élénk világossárgára festődik. A parenchima-sejtek fala is piros, ami éles kontrasztot ad a plasztiszokkal. A festékben a hidrofób krizoidin festi a lipofil vegyületeket, a lignint és a kutint, valamint a szuberint világossárgára, illetve sárgásbarnára.” [10]

– *toluidinkék*: „A toluidinkék 0,1%-os vizes oldata metakromatikus festék. A főleges festék vízzel történő eltávolítása után tartós színt ad az alábbiak szerint: a kutikula élénk égszínkék, a parásodott sejtfal barnás-narancssárga vagy zöldesbarna, a szklerenchima világoskék, a hancs fémcsillogású szürke, az alapszövet lila vagy liláspiros, míg a faedények fásodott fala türkiz színre festődik.” [10]

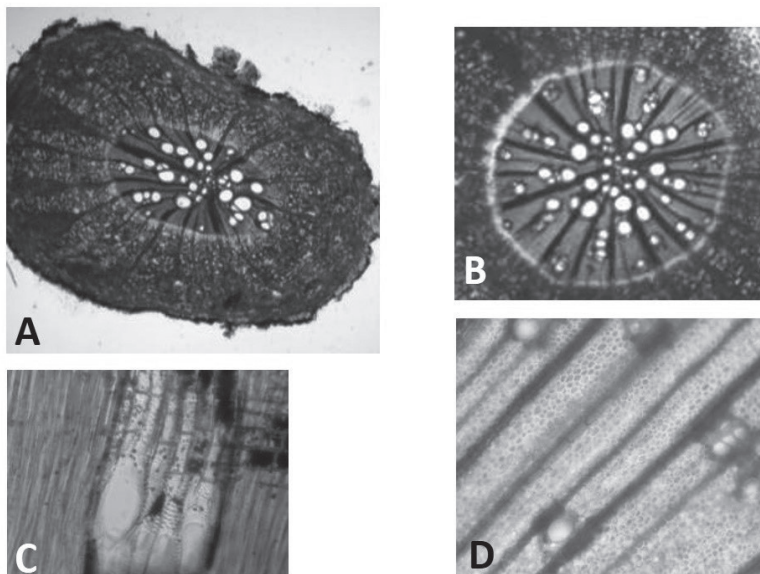
– *floroglucin-sósav*: „A floroglucin-sósav festéket floroglucin alkoholos oldatából, valamint koncentrált sósavból kell készíteni. A készítmény fásodott sejtfalak lignintartalmának kimutatására alkalmas. Nagyon specifikus festési eljárás, mert a fásodott sejtfalak lilásvörösre festődnek, de minden más sejt, illetve sejtalkotó szintelen marad. Tárolt metszetekben sajnos a szín nem tartós.” [11]



2. ábra. A nagy átmérőjű vízszállító csövek (A) és a farostállományba beágyazódó bélsugarak (B)

A bálványfa főként a melegebb klímájú sík- és dombvidékeken terjedt el, közephegységeinkben ritkán található meg. Ha olyan helyekre telepítik, ahol abiotikus vagy biotikus tényezők nem gátolják a nö-

A gyökér vizsgálatához egy olyan növény alig egyéves (2014 tavaszától 2014 októberéig fejlődött) gyökereiből vettünk mintát, amelyet az Élettudományi Központban 6 méter magasságban elhelyezkedő ka-



3. ábra. A gyökér szövettani jellemzői. Kiszélesedő bélsugarak (A); nagy átmérőjű tracheák (B); vízszállító cső közelről (C); bélsugár és tracheák közelről (D)

– *KI-os jódoldat*: „A kálium-jodidos jódoldat hatására a keményítőszemek általában ibolyákra, illetve kékes-feketere színeződnek.” [12]

– *Szudán-III oldat*: „A Szudán-III festék gyengén savas, vízben oldhatatlan, a növényi szövet lipidtartalmú részeit téglapirosra festi. Elsősorban illóolajok kimutatására, de a viaszos kutikula, valamint a parásodott sejtfalak szuberinjének megjelölésére is használtuk.” [10]

Eredmények

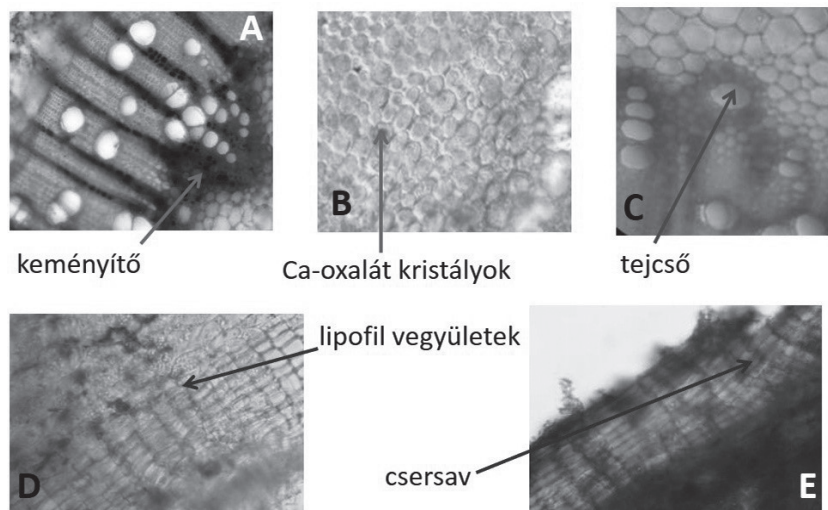
Az 1. ábrán a levélnyel toluidinkékkel megfestett keresztmetszeteit láthatjuk. A fiatal bőrszövettel fedett levélnyélben összefüggő gyűrűt alkot a szállítószövet (1A. és 1B. ábra), ami inkább az idősebb szervekre jellemző. A keresztmetszeten legfelül már néhány fanyaláb is látható (1A. ábra). A levélnyelet kívülről egy sejtsoros fedőszőrök borítják (1C. ábra). Az 1D. ábrán bemutatott levéllemez-keresztmetszet bizonyítja azt, hogy a tapintásra puha, vékony levéllemez heterogén mezofillumában mind az oszlopos, mind a szívacsos asszimiláló alapszövet nagyon tömör állományú. Ez a szárazságtűrő növényekre jellemző. Az E jelzésű képen láthatjuk a fiatal levéllemezről készített nyúzatot. Azt tapasztaltuk, hogy a fiatal levelet többsejtű nyélből és többsejtű fejből álló, antociántartalmú fedőszőrök borítják. Az antociánnak mint vízőldékony színanyagnak fontos szerepe van a hideg elleni védekezésben.

Greguss Pál, a magyar xylotómia atyja publikációjában olvashatjuk, hogy a mirigyes bálványfa jól gesztessedő gyűrűs lika-

csú fa [1]. A szakirodalmi adatokat a mi vizsgálataink is alátámasztották, miszerint a mirigyes bálványfának tág üregű tracheái, azaz vízszállító csövei vannak, és a beágyazó farostállományban sok bélsugár fordul elő. Ezeket a szövettani jellegzetességeket jól mutatja a 2. ábra. A vízszállító csöveknek a hosszirányú vízszállításban van nagyon fontos szerepe a gyökér felől a többi szerv felé, míg a bélsugaraknak az

látszik a fatest, a kambiumgyűrű és a terjedelmes háncs továbbá a nagy átmérőjű vízszállító csövek és a kiszélesedő bélsugarak. (3A. és 3B. ábra). Megfigyelhetünk közelebből egy nagyobb vízszállító csövet is (3C. ábra) A 3D. ábrán a beágyazódó bélsugarakat, valamint néhány tracheát figyelhetünk meg.

A szövettani vizsgálatok mellett célunk volt, hogy a szárban és a gyökérben raktározott anyagokat is megvizsgáljuk. A gyökérben (4A. ábra) kálium-jodidos jódoldat segítségével keményítőt azonosítottunk. Ezek a preparátumok a keményítő-kimutató jellegzetes sötétké színezésként adták. A nagy mennyiségű keményítő mint raktározott tápanyag szintén hozzájárul a mirigyes bálványfa invazív elterjedéséhez. Jellemző a növényekre, hogy kalcium-oxalát formában különítik el és raktározózzák a feleslegessé vált szerves savakat. Kísérleti növényeink szárában is találtunk kalcium-oxalát kristályokat (4B. ábra). A szakirodalom is utal arra, hogy jellemzőek erre a növényre a másodlagos anyagcsere-termékek szállításában nagy szerepet játszó tejszővek, amelyek mennyisége stressz hatására gyarapodik, ezzel is védekezve az irtás ellen. Mindkét növényegyed esetében jelentős mennyiségű tejszővet tudtunk azonosítani a preparátumokban (4C. ábra). A bálványfa gyökerében Szudán-III festékekkel lipofil vegyületeket (4D. ábra), vas(III)-klorid-oldattal csersavat mutattunk ki (4E. ábra).



4. ábra. A szárban és a gyökérben található raktározott és kiválasztott anyagok

oldal irányú vízszállításban, annak érdekében, hogy minden növényi sejt megfelelő mennyiségű vízhez jusson.

A szár mellett a gyökeret is vizsgáltuk. A gyökérben másodlagos megvastagodást figyelhetünk meg. A preparátumon jól

Összefoglalás

Az invazív fajok nemcsak természetvédelmi, erdő- vagy mezőgazdasági, hanem jelentős humánegészségügyi és ökonómiai problémát is okozhatnak.

Invazív jellegek	Vizsgálataink alapján
gyors növekedés	a tengelyszervek korai fejlődése és másodlagos vastagodása hamar megindul
remek alkalmazkodási képesség a klimatikus viszonyokhoz	a hossz- és bélsugárparenchima-sejtek sűrű hálózatában jelentős mennyiségű a raktározott anyag, a táplálékkészítő alapszövet tömör, a fatestben nagy átmérőjű tracheák vannak,
intenzív irtás elleni védekezés („kiirthatatlan”)	a tejcsovek száma nő stressz hatásra, a gyökérsarjakkal kolóniák létrehozása, a gyökér faparenchima-sejtjeiben jelentős keményítő-raktár található

Táblázat

Munkánk során egy igen agresszív invazív fajt, a mirigyes bálványfát (*Ailanthus altissima*) „vettük górcső alá”. Természetvédelmi szempontból a bálványfa a legveszélyesebb özönfajaink közé tartozik. Nemcsak benépesíti a kolonizált területet, hanem aktívan át is alakítja annak szerkezetét, fajösszetételét, ökológiai adottságait.

Kutatásaink során szövettani preparátumokat (hossz- és keresztmetszeteket, macerátumokat) készítettünk a fiatal (a hajtáscsúcs alatti) szárból és idősebb szártagokból, valamint keresztmetszeteket a levelek nyeléből és lemezéből. A metszeteket festettük, ami lehetővé tette a faelemek, a raktározott, valamint a kiválasztott anyagok vizsgálatát. A szakirodalmi adatokkal összehasonlítva arra kerestük a választ, hogy milyen szövettani sajátosságok jellemzik ezt a fajt. Melyek azok a szövettani jellemzők, amelyek hozzájárulhatnak ennek a gyorsan növő és az egyre szélsőségesebbé váló környezeti viszonyokat is jól tűrő fajnak a sikerességéhez.

Szövettani eredményeinkkel magyarázhatjuk és alá is támaszthatjuk a növény agresszív, gyors elterjedését okozó tulajdonságait. Ezek alapján a gyors növekedés a tengelyszervek fejlődésének korai megindulására és másodlagos megvastagodásával

magyarázható. A szélsőséges klimatikus viszonyokhoz való remek alkalmazkodási képessége is a hossz- és bélsugárparenchima-sejtek sűrű hálózatában megjelenő, nagy mennyiségű raktározott anyagra, a táplálékkészítő alapszövet tömörségére, valamint a fatestben a nagy átmérőjű tracheák kialakulására vezethető vissza. Az intenzív irtás elleni védekezésében, „kiirthatatlanságában” a stresszhatásra jelentősen gyarapodó tejcsoveknek, gyökérsarjakkal történő kolóniák létrehozásának és a gyökér faparenchima-sejtjeiben jelentős mennyiségű keményítő raktározásának van szerepe. A táblázatban a mirigyes bálványfa gyors elterjedéséért felelős tulajdonságait, valamint az ezeket alátámasztó szövettani vizsgálatok során kapott eredményeket foglaltuk össze és állítottuk párhuzamba.

Az írás szerzője diák pályázatunk Önnálló kutatások, elméleti összefoglalások kategóriájában harmadik díjat kapott.

Irodalom

- [1] Greguss P. (1945): A középeurópai lomblevelű fák és cserjék meghatározása szövettani alapon. Az Országos Magyar Természettudományi Múzeum Kiadása, Budapest.

- [2] Udvardy László – Szidonya István (2004): Biológiai inváziók Magyarországon. Özön-növények I. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
- [3] Haraszthy László (2004): Biológiai inváziók Magyarországon. Özön-növények I. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
- [4] Ferenczi Júlia – Bodor Péter – Bisztray György – Höhn Mária (2012): Vadon előforduló Vitis taxonok élőhelyi és morfológiai jellemzői a Kárpát-medence és a Közép-Balkán régió kapcsolatában. In: Fenntartható fejlődés, élhető régió, élhető települési táj 3. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, pp. 25–35.
- [5] Dr. Botta-Dukát Zoltán – Dr. Mihály Botond (2006): Biológiai inváziók Magyarországon. Özön-növények I. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
- [6] Király Gergely (2003): A magyarországi flóratérképezés módszertani alapjai. Útmutató és magyarázat a hálótérképezési adatlapok használatához. – Flora Pannonica 1(1): 3–20.
- [7] Erdős L. – Márkus A. – Körmöczy L. (2005): Consequences of an extirpation trial of the tree of heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) on rock grasslands and slope steppes. Tiscia 35: 3–7.
- [8] Illyés Zsuzsanna – Gergely Attila (2012): Az értékes fajok fennmaradásának dilemmái az ökológiai hálózathoz tartozó Sas-hegyen. In: Fenntartható fejlődés, élhető régió, élhető települési táj 3. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, pp. 189–196.
- [9] Csontos Péter – Tamási Júlia (2006): Spread of invasive phanerophytes and further records to the distribution of woody species in Hungary. Tájékológiai Lapok 4 (1): 127–138.
- [10] Fodorpataki László (2001): Mikroszkópos növénysszervezet. Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadása, Kolozsvár. pp. 62–63. Int. J. Plant Sci. 153(3):348–357.
- [11] Braune, W. – Leman, A. – Taubert, H. (1971): Pflanzenanatomisches Praktikum. Veb Gustav Fischer Verlag Jena, pp. 95, 215, 304.
- [12] Sárkány Sándor – Szalai István (1964): Növénysszervezet gyakorlatok. Tankönyvkiadó Budapest, 1964. pp. 155–156, 272–273.

Mi is az eugenol? Avagy a szegfűszeg hatóanyagának vizsgálatai

VAD PETRA–VARGA SABRINA
Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest

A budapesti Berzsenyi Dániel Gimnáziumban néhány éve létrehoztuk a kémiai önképzőkört. Ennek lényege, hogy a kémia iránt érdeklődő tanulók kísérleteket végezzenek, prezentációt tartsanak az őket érdeklő témákról a többieknek, így egy-

mástól tanulva ismerünk meg érdekesebbnél érdekesebb tényeket. Az önképzőkör keretein belül hazai és nemzetközi projektekbe is bekapcsolódunk, és munkacsoportokban különböző kísérleteket, kutatásokat is végzünk. Írásunk a szegfűszeg jelleg-

zetes illatát okozó egyik komponense, az eugenol kinyeréséről és élettani hatásainak vizsgálatáról szól. Az alapötletet a *Journal of Chemical Education* című folyóirat cikkeiből vettük, amelyekre irodalmazás közben bukkant rá egyikünk.

Mi a szegfűszeg?

Általában mindenkinek az első gondolata az, hogy a szegfűszegnek (1. ábra) mint fűszernek markáns, jó illata van. A szegfűszeg is, mint a többi fűszerféle, egy bizonyos növény részeként kezdi „életét”. A szegfűszeg (*Syzygium aromaticum*) a mirtuszvirágúak (*Myrtales*) rendjébe, a mirtuszfélék (*Myrtaceae*) családjába tartozó örökzöld, vízigényes fafaj, amely akár 15–20 méter magasra is megnőhet. Sri Lankában, Brazíliában és Tanzániában honos. Fűszerként használt része a vörösbarna virágrügy (2. ábra), melyeket az ültetést követő 6–8. év után, évente kétszer lehet szüretelni, összesen körülbelül 35 kg-ot egy fáról. A szüret során a rügyeket kézzel szedik le a fáról, majd pálmalevélbe csomagolva szárítják, amíg a már ismert barna színű fűszer nem lesz belőle. A szegfűszeg kesernyős, kissé égető és erősen aromás ízet a jelentős illóolaj-tartalma adja.

Ósi fűszerként nagy becsben tartották Európában, Észak-Afrikában és Ázsiában. Az első irodalmi utalások a szegfűszegről

sára használják. Az illóolaj legfontosabb része az eugenol (amiről később részletesen beszélünk), ezenkívül tartalmaz még eugenol-acetátot, metil-aminketont, kariofillént és oleanolsavat is.

A szegfűszeg gyógyászati hatásai közismertek. Antibakteriális, parazita- és vírusölő, görcsoldó, gyulladáscsökkentő, helyi érzéstelenítő hatású. Légúti megbetegedések, szájjüregi gyulladások, bélfertőzések, húgyúti fertőzések, reumás panaszok és bőrbántalmak ellen is használják. Leggyakrabban öblögető szerek, fogkrémek, inhalálók és krémek készítésénél alkalmazzák, valamint dohányt illatosítanak vele. Afrodiziakum, és a tüdőrák elleni hatását is feltételezik. Megfigyelték rovarriasztó hatását, a szegfűszegolaj, a gerániumolaj és a kakukkfűolaj 1:1:1 arányú keveréke néhány órára távol tartotta a szúnyogokat. Egyes embereknél allergiás reakciót válthat ki a szegfűszeg, ilyenkor bőrirritáció léphet fel. Összességében igen sokszínű növényről és fűszerről van szó, amely meglepően hatékony betegségek ellen, és igen hasznos a konyhában is.



1. ábra. A szegfűszeg fűszerként is használt szárított rügye

Kr. e. 206 és Kr. u. 220 között keletkezettek. Ebben az időszakban, a kínai kultúrában a „nyelv fűszerének” nevezték. Az érdekes elnevezést azért kapta, mert amikor az udvari nép a császár elé járult, akkor szegfűszeget kellett rágszálniuk a kellemetlen szájszag elkerülése érdekében. Európába arab kereskedők által jutott be, a VIII. század óta pedig az egyik legfontosabb fűszerré vált a kereskedelemben.

Mártásokhoz, paradicsomos vagy borsos ételekhez, páclevekhöz és főleg sütemények ízesítésére használják. Savanyúságokhoz hozzáadva érdekes íz kölcsönöz.

A szegfűszeg nemcsak fűszerként fontos, hanem hasznos illóolaját is kinyerhetjük belőle. Az illóolaj a megszártott rügyből, levélből és hajtásból nyerhető ki vízgőz-desztillációval. A szárított rügyek illóolaj-tartalma 15–20%, míg a hajtásoké és a leveleké ennél jóval kisebb. Főként likőr és kozmetikai szerek gyártá-

Mi az eugenol?

Az eugenol a szegfűszeg egyik illatanyaga, összetétele: $C_{10}H_{12}O_2$ (3. ábra), halványsárga színű, erős, szegfűszegre emlékeztető szagú folyadék. Levegőn megbarnul. Vízben rosszul oldódik, de apoláris oldószerek – mint az alkohol – jól oldják. A szegfűszegolaj körülbelül 85%-át az eugenol alkotja. Az iparban szegfűszegolajból állítják elő 5%-os kálium-hidroxidos (KOH) oldattal való extrahálás (átoldás, átrázás) során, amelyet savanyítás és CO_2 -os légkörben való desztillálás követ. Szintetikus vanillin előállításához használják fel, illatszereket gyártanak belőle, valamint mikroszkópos metszetek világosítására is alkalmas. Fertőtlenítő és enyhe érzéstelenítő hatása miatt a fogászatban és a gyógyszer-gyártásban is alkalmazzák.

Eugenol kinyerése kávéfőző segítségével

Az Alfonso Bialetti olasz mérnök által tervezett MokaExpress-t, azaz a kotyogós kávéfőzőt talán mindenki ismeri, majdnem minden családban van legalább egy régi, a nagyszülöktől örökölt darab. Működése egyszerű elven alapszik: a kávéfőző alsó részébe a vizet, a felsőbe pedig egy szűrőbe a kávé kell tenni. Melegítés hatására az alsó részben egyre több vízgőz keletkezik,

ezért a nyomás nő. A nyomás emelkedése miatt a víz tovább melegszik, de nem kezd el forrni. A nagy nyomás következtében a forró víz a kávé és a szűrőn keresztül a



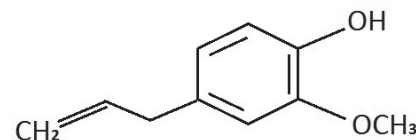
2. ábra. A szegfűszeg friss rügye és virága

felső részbe megy át, miközben kioldja az aromákat és a hatóanyagokat.

Mi ezzel a módszerrel próbáltuk meg kivonni a szegfűszegből az eugenolt. A hatóanyag kinyerését a *Journal of Chemical Education* folyóirat egyik cikke alapján végeztük, de a kísérleten kissé változtattunk. Az eredeti kísérletben leírt diklórmetán helyett a kevésbé mérgező hexánt használtunk, valamint kávéfőzőgép helyett az említett kotyogós kávéfőzővel végeztük el a kísérletet.

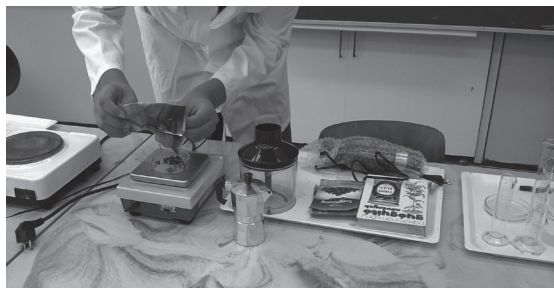
Az eugenol előállítása

15 g egész szegfűszeget megőröltünk (4. ábra), majd 25%-os etanol-víz eleggyel kotyogós kávéfőzőben megfőztük (valójában nagy nyomáson vizes-alkoholos extrakciónak, kioldásnak vetettük alá), aztán lehűtöttük az elegyet. Ezután 30 cm^3 n-hexánnal (C_6H_{14}) rázótolécsérben extraháltuk (5. ábra), ugyanis az eugenol jobban oldódik hexánban, mint vízben. A hexános eugenolt félretettük, a vizes fázist pedig még kétszer 30 cm^3 hexánnal extraháltuk, hogy minél több eugenolt tudjunk előállítani, és kisebb legyen a veszteség. A hexános elegy eugenolt és acetil-eugenolt tartalmazott. Ezt az elegyet 30 cm^3 2 mol/ dm^3 koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldattal (NaOH) extraháltuk. A folyamat eredményeképpen a vizes fázisban oldódó nátrium-eugenolátot el tudtuk különíteni az acetil-eugenoltól. Kétszer



3. ábra. Az eugenol képlete

megismételtük ezt a folyamatot, így a lúgos fázisba került az eugenol, és 90 cm^3 nátrium-eugenolátot is tartalmazó elegy



4. ábra. A kísérletek előkészítése

keletkezett. Az eugenolos oldat pH-ját koncentrált sósavval (cHCl) beállítottuk pH=1-re, így egy opálos emulzió keletkezett, amelyben kivált az eugenol, ami már ismét apoláris karakterű, vízben nem oldódik. A hatóanyag kinyeréséhez újabb 3-30 cm³ hexános rázás következett (5. ábra). A kapott oldatban már csak hexán és eugenol volt. A tiszta eugenolt végül vízfürdős bepárlással kaptuk meg. A módszerrel kb. 2 cm³ eugenolt sikerült kinyernünk a 15 g szárított szegfűszegből (6. ábra).

Az anyag tisztaságát gázkromatográfias módszerrel ellenőriztük. Mivel egy középiskolai laboratóriumban végeztük a kísérleteinket, ilyen szintű műszeres felszerelés nem állt rendelkezésünkre, de külső partnerek segítségével a további vizsgálatok elvégzésére ígéretet kaptunk.

A hatóanyag tesztelése biológiai módszerekkel

Az eugenol hatásait a *Journal of Chemical Education* ötletadó cikke, az „Eugene, the Sleepy Fish” (Eugén, az álmos hal) című írás alapján terveztük meg. A cikkből kiindulva, újabb ötletekkel kiegészítve teszteltük hatóanyagunkat különböző élőlényeken, például a haltáplálék-ként kapható vízbolhák, a közönséges sütéshez használt élesztőgombák és penészgombák.

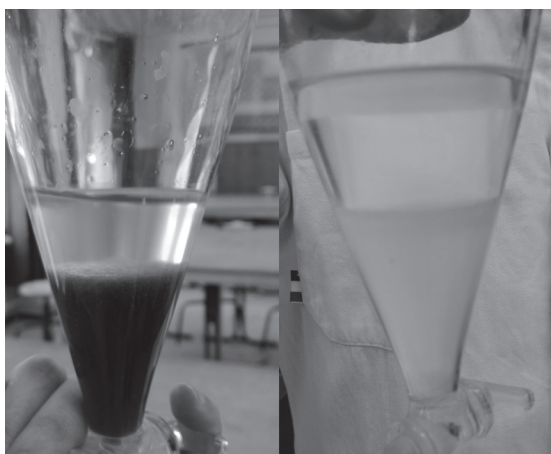
Az eugenol altató, nyugtató hatásának vizsgálatához állatkereskedésekben kapható élő vízbolhákat használtunk. Az állatkereskedésben nem tudták megmondani, hogy melyik vízbolhafajt árulják, mert mikroszkóp alatt is alig lehet megkülönböztetni a szoba jöhető két fajt. Valószínűleg *Daphnia magna* és *Daphnia pulex*, az az nagy és kis vízbolha kevert állományával végeztük a kísérleteket.

Az említett két vízbolhafaj a rákok (*Crustacea*) osztályába, az alsórendű rákok (*Entomostraca*) alosztályába, az

ágascápú rákok (*Cladocera*) rendjébe tartozó, tömegben vöröses színűnek látszó állatok. Nevüket a „pattogó” úszásuk miatt kapták. Tócsákban, édesvízi tavak sekély vizeiben élnek, a halak számára fontos táplálékkul szolgálnak. A vízben lebegő szerves törmelékekkel és apróbb élőlényekkel táplálkoznak. Testüket egy, a hasi oldalon nyitott héj veszi

körbe. Evezőcsápjukkal mozognak, 4-6 módosult levéllábukkal szűrnek ki a táplálékot a vízből, valamint ezeken vannak a kopolytűik is. Szaporodásuk során szabályszerűen váltakoznak a szűzpetékből kikelt és a kétivarú szaporodásból létrejött nemzedékek. A nőstények kétféle, nyári és téli petéket, vagyis tartóspetéket hoznak létre. A tartóspetékből tavasszal fejlődik ki a csak nőstény egyedekből álló nemzedék. A kikelt példányok már 8 nap múlva szaporodni kezdenek. Hímek hiányában a nőstények a meg nem termékenyített nyári petékekkel (szűzpetékekkel) szaporodnak, amelyek a nőstény költőüregében fejlődnek és két-három nap alatt alakulnak ki belőlük az új egyedek, amelyek szintén szaporodni kezdenek. Ősz elején megjelennek a hímek is, amelyek szintén a szűzpetékből kelnek ki. Párazás után a nőstények lerakják ezúttal a megtermékenyített tartóspetéket, amelyekből tavasszal ismét nőstények fejlődnek ki.

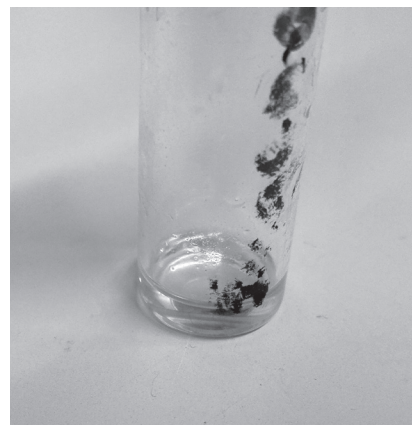
A kísérlet során a vízbolhákat 100 cm³ vízzel telt főzőpohárba tettük, majd 0,1 cm³ tömény eugenolt adtunk hozzá (7. ábra). 5 perc után a vízbolhák már nem mozogtak, ekkor áttettük őket egy



5. ábra. A szegfűszeg főzete és a sósavas elegy átrázása hexánba

másik, tiszta vizes főzőpohárba, hogy ébredjenek fel az altatásból, de a kísérletünk kudarcba fulladt, ugyanis nem ébredtek fel. Sajnálatos módon az általunk alkal-

mazott eugenol-koncentráció túlságosan nagy, bizonyult az állatok testtömegéhez képest, és valószínűleg túllaltattuk őket. Újabb kísérletet végeztünk, amelynek során vízzel 1:100 arányban hígított



6. ábra. A kinyert eugenol

eugenolt használtunk. A vízbolhák ezúttal 3 perc alatt teljesen lelassultak. Ekkor tettük át őket tiszta vízbe, és 5 perc alatt felébredtek, így bebizonyosodtak az alvó halról szóló cikk alapján megfogalmazott



7. ábra. Vízbolhák eugenolban és tiszta vízben

várákozásaink. Igazolni tudtuk az eugenol altató, nyugtató hatását egy, a halaknál egyszerűbb szervezeten, a vízbolhán is.

A kísérletet elvégeztük mikroszkóp alatt is, hogy pontosabban megfigyelhesük az állat szervezetében az eugenol hatására lezajló folyamatokat (8. ábra). A vízbolhák majdnem teljesen átlátszóak, ezért belső szerveik mikroszkóppal részletesen, jól megfigyelhetők. Tömény eugenolt fecskendezve a mikroszkóp alatt lévő vízbolhához (300-szoros nagyítást használva) azt tapasztaltuk, hogy néhány másodperc alatt a szív működés leállt, és az állat elpusztult, míg híg eugenolt használva szívverése csak lelassult, majd új, tiszta víz-cseppek tárgylemezre helyezve visszaállt a normális szív működés.

Kísérletek élesztőgombával

Az élesztőgomba (*Saccharomyces cerevisiae*), más néven sörélesztő, az élesztőgombafélék (*Saccharomycetaceae*) csa-

ládjába, a *Saccharomyces* nemzetségbe tartozó faj. A szeszgyárak és sörgyárak erjesztéshez, valamint a kelt tészta pékáruk, kenyerek térfogatnöveléséhez szükséges sütőélesztő gyártásához használják. Elsőként a szőlő héján mutatták ki. Sötét héjú gyümölcsökön is megfigyelhető, például a szilván, ahol a héj viaszanyagaiban él meg. Eukarióta sejtekből állnak, ivartalanul, sarjadzással szaporodnak. Az élesztőgomba anyagcseréje miatt kel meg a tészta. 1859-ben *Louis Pasteur* fedezte fel az élesztő „működési elvét”. A gomba a liszt keményítőjéből származó cukrot (vagy a tésztaiban lévő cukrot) használja fel anyagcseréjéhez, miközben szén-dioxidot (CO_2) termel. A fejlődő szén-dioxid-gáz lazítja a nyers tészta szerkezetét, gázzal telt üregek képződnek benne, ezzel megkeleszti a tésztát. Magas fehérje- és vitaminkoncentrációja (főleg B-vitaminok) miatt segíti a bőr, a köröm és a haj regenerálását, csökkenti a koleszterinszintet, és szabályozza a vércukorszintet.

Kipróbáltuk az eugenol hatását gombákon is, mivel a szakirodalomban gomba-



9. ábra. A felfuttatott élesztő eugenol nélkül és eugenollal

igazolták azt a feltételezésünket, hogy az eugenol az élesztőgomba szaporodására gátló hatással van. A kísérletet mikroszkóp alatt is meg szeretnénk figyelni, azonban ezek a vizsgálataink még jelenleg is folynak.

Kísérletek penészgombákkal

Az eugenol gombaölő hatását az élesztőgombákon kívül más gombafajokon is vizsgáltuk különböző penészgombaféléken. Az ecsetpenész (*Penicillium*) a tömlősgombák (*Ascomycetes*) osztályába, a szövedékes gombák (*Plectascales*) rendjébe tartozó nemzetség. Körülbelül 300 faj tartozik ebbe a nemzetségbe, többek között penicillint termelő, gyümölcsöket rothasztó és a camembert, illetve a roquefort sajtok készítéséhez használt fajok. Általában sötétzöld színű telepet fejleszt, amely dohos, penészes szagú. A konídiumtartók (ivartalan szaporítósejtet – konídiumot – tartalmazó részek) ecetszerűen ágaznak el, erről kapta a nemzetség a nevét.

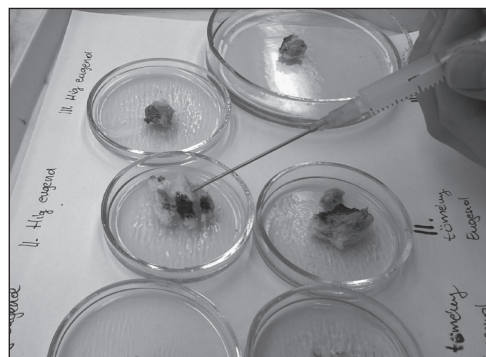
A penészt egy szelet nedves kenyéren, zacskóban tenyészt-

tettük, 3 nap múlva már láthatóak voltak a penésztelepek. Áthelyeztük a penészt agar-agar hiányában zselatinból készített táptalajra. Híg, illetve tömény eugenollal kezelt telepek közepére (10. ábra), és további 3 napig figyeltük kontrollalany mellett. A kontrollon tovább terjeszkedtek a telepek. A tömény eugenollal kezelt penésztelepek nem szaporodtak tovább, valószínűleg elhaltak, míg a híg eugenollal kezelt telep közepén, ahová fecskendeztük

az anyagot, feltételezzük, hogy elpusztultak a gombák, nem fejlődtek tovább, viszont a szélén, ahova nem jutott eugenol, tovább szaporodott a penész (11. ábra). Az eugenol nem biztos, hogy elpusztította a gombákat, de az bizonyos, hogy szaporodásukat gátolta.

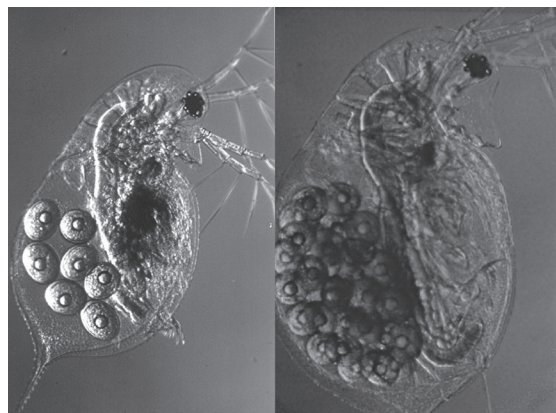
A projekt további lehetőségei

Az eugenollal kapcsolatos kísérleteinket természetesen szeretnénk tovább folytatni, új lehetőségeket találni. A közeljövőben az eugenolos minta gázkromatográfiás vizsgálatát tervezzük annak megállapítására, hogy pontosan milyen mennyiségű



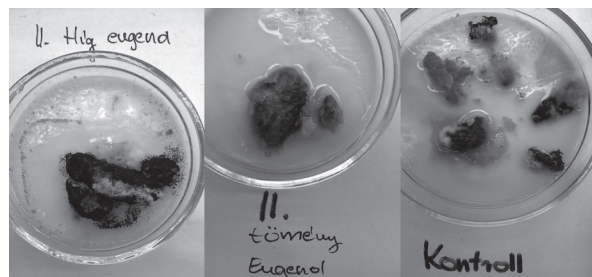
10. ábra. A penész beoltása eugenollal

eugenolt sikerült kinyernünk a 15 gramm szegfűszegből, és hogy milyen tisztaságú volt a mintánk. A mérésre ígéretet és lehetőséget kaptunk egy kutatóintézet laboratóriumában. Tervezzük az eugenol élesztő- és penészgombákra gyakorolt hatásának további vizsgálatát mikroszkopikus méretekben. További terveink között szerepel az eugenol növények csírázására való hatásának megfigyelése, illetve egyéb fűszernövények illóolajának kinyerése hasonló vagy az eddigiektől eltérő módszerek alkalmazásával és a hatóanyaguk élettani hatásának vizsgálata alsóbb rendű szervezeteken.



8. ábra. Vízibolhák mikroszkóp alatt

ölő, azaz fungicid hatásra is találtunk utalást. Feltételeztük, hogy ezt a gombasejtek szaporodásának gátlásával igazolni tudjuk. Két főzőpohárban 1 dl tejjel és 10 g cukorral 40 °C-on felfuttattunk 10 g élesztőt, azonban az egyik főzőpohárba a kísérlet elején 10 cm³ vízzel 1:100 arányban hígított eugenolt fecskendeztünk. Kezdetben a két élesztős keverék térfogata egyszerre nőtt, egészen a 60. percig, majd megkevertük, és 30 perc múlva az eugenol nélküli főzőpohárban az élesztő kétszer akkora nőtt, mint az eugenolos élesztő. Az eugenolos élesztő az eredeti térfogat kétszerese, míg az eugenol nélküli élesztő az eredeti térfogat négyszerezére nőtt (9. ábra). Kísérleti eredményeink



11. ábra. A híg és tömény eugenollal beoltott penész 3 nap után a kontrolltelep mellett

Az írás szerzői diákpályázatunk Önéletrajzi kutatások, elméleti összegzések kategóriájában első díjat kaptak.

Irodalom

- Barcena, H., Chen P. (2016): An Anesthetic Drug Demonstration and an Introductory Antioxidant Activity Experiment with "Eugene, the Sleepy Fish". *Journal of Chemical Education*, 2016, 93, 202–205. o.
- Bremness, L. (1995): Határozó kézikönyvek sorozat: Fűszer- és gyógynövények, Egyetemi Nyomda, Budapest, 85. o.
- Dudich E., Loksa A. (1975): Állatrendszertan. Tankönyvkiadó, Budapest. 307–310. o.
- Erdey-Grúz T. (1963): Vegyszerismeret, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 653–654. o.
- Hortobágyi T. (1979): Növényrendszertan. Tankönyvkiadó, Budapest. 480. o.
- Just, J., Bunton, G. L., Deans, B. J. et al. (2016): Extraction of Eugenol from Cloves Using an Unmodified Household Espresso Machine: An Alternative to Traditional Steam-Distillation. *Journal of Chemical Education*, 93, 213–216.
- Straub F. B. (szerk.) (1975): *Biológiai lexikon* 1. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest. 43-44. o., 97. o., 120. o., 544-546. o.
- Straub F. B. (szerk.) (1977): *Biológiai lexikon* 3. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest. 359. o., 389. o.
- Internetes források:**
- Brehm: Az Állatok világa. (2000). Digitális kiadás: Arcanum Adatbázis Kft. <http://mek.oszk.hu/03400/03408/html/2879.html>
- <http://eufic.org/article/hu/artid/elesztogomba-egyedulallo-bakterium/>
- <http://filantropikum.com/gombaolo-antibakterialis-hatasu-gyulladascsockento-aszegfuszeg-csodalatos-hatasa/>
- [http://kertlap.hu/szegfuszeg/](http://kavekorzo.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=747:kavekeszites-kotyogoval-egy-csepp-toertenelem-oetletek-es-hasznos-tanacsok&catid=60&Itemid=153&showall=1&limitstart=)
- <http://soerelesztopehely.hu/index.php/soereleszto-pelyhek>
- http://tetudod.bjg.hu/phocadownloadpap/biologia/10_evfbiol%C3%B3gia10_%C3%A9leszt%C5%91gombamegfigyel%C3%A9se_feladatlap.pdf
- http://blog.xfree.hu/myblog.tvn?n=idealispara&pid=116099&blog_cim=A%20pen%E9szfajok%20%E9s%20hat%E1suk%20a%20szervezetre

Képek forrása:

2. ábra: <http://timcsigyogynoveny.blogspot.hu/2012/12/szegfuszeg.html>
8. ábra: A képeket Dobó Zoltán készítette és boszátotta rendelkezésünkre.

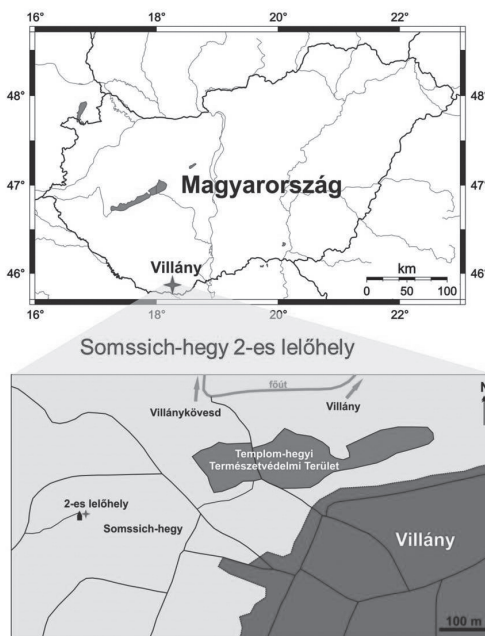
Meglepetés-sztyepp a pleisztocénben: paleoökológiai vizsgálatok a Somssich-hegy 2-es lelőhely cickányai alapján

FÉLEGYHÁZI LUCA – LENGYEL SÁRA ÁGNES

Ferencs Gimnázium, Szentendre

A Somssich-hegy 2-es lelőhely (1. ábra) Magyarország egyik leg gazdagabb pleisztocén őserincses faunáját szolgáltatta. A Villány község határában fekvő lelőhely feltárása 1975-ben kezdődött a Magyar Természettudományi Múzeum Őslénytárának akkori igazgatója, Jánossy Dénes vezetésével. Az ásások során begyűjtött és előzetesen feldolgozott 50 réteg anyagából gerincek számos csoportját különítették el. A lelőhely alábbi jellemzése [1] alapján készült.

A lelőhely egy hajdani víznyleő üledékkitöltése (2. ábra), amely a Villányi-hegység jól karsztosodó középidei mészkövében alakult ki. Jánossy Dénes és Topál György 1974-ben a térképen Somssich-hegyként szereplő területen két ősmaradvány-együttest fedeztek fel. Ezek a hasadékkitöltések egy prészáz közelében találhatók (3. ábra), melynek tulajdonosa az utolsó ásatáskor Bánó Vladimir volt. Jánossy Dénes szerint a terület azonos a korábban *Kretzoi Miklós* által Villány 10. és 11. számúnak nevezett lelőhelyekkel. Kretzoinál a hely megjelölésénél „Bartonicsok szőlője felett” szerepel. Tekintettel arra, hogy „Bartonicsok szőlője” az egész hegyoldalt elfoglalta, Jánossy – a Villány-hegy régebbi, katonai térképeken szereplő elnevezése alapján – javasolta



1. ábra. A Somssich-hegy 2-es ősmaradvány-lelőhely földrajzi helyzete

a „Somssich-hegy 1. és 2. sz. lelőhelyek” elnevezést. Az 1-es lelőhely nem képezi a jelen vizsgálatok tárgyát.

A 2-es lelőhely felfedezésétől kezdve Jánossy Dénes minden évben háromhetes nyári ásást vezetett a területen. A tábor

résztvevői elsősorban egyetemi hallgatók közül kerültek ki. Rajtuk kívül évről évre hazai és külföldi szakemberek is részt vettek a munkálatokban.

Jánossy és társai lefelé haladva, rétegenként számozva gyűjtötték az anyagot. A mintegy 9,5 méter mély, üledékek kitöltött mészkőüregből 50 réteget tártak fel. A tíz év alatt kitermelt több tonnányi anyagot háton szállították le a villányi Pogányi-víz melletti iszapoló-válogató sátoztáborba.

A feldolgozó munka során kiderült, hogy az üledék rendkívül gazdag pleisztocén faunát tartalmaz. Az addig ismert villányi lelőhelyektől eltérően itt igen gazdag csigafaunát is találtak. A gerinces anyag legnagyobb részét a kigyócsigolyák teszik ki (Jánossy Dénes becslése szerint 600 000 darab). A csontok jó része rendkívül töredékes, amit részben a cementált üledék erőteljes bontással történő feltárása is okozhatott. A gerincek különböző csoportjaiba tartozó gazdag leletek mellett növénymaradványok (főként magok) is előkerültek.

1984 júliusában, 50 számozott réteg ki-termelése után, 9,3 m mélységben hagyták abba a „kút” bontását. A munkaterület a kutatók megítélése szerint egyre életveszélyesebbé vált. Kérésükre a Villányi Községi Tanács egy 10 cm vastag betonfedőt helyeztetett az üreg fölé, ezzel téve biztonságossá a

Réteg	S. minutus	S. (Drepanosorex) savini	S. rutonensis	Crocidura
34	-	6	67	-
35	10	16	186	-
36	11	7	171	1
37	9	5	121	5
38	21	17	94	7
39	15	8	171	-
40	31	19	183	-
41	26	15	266	4
42	19	24	349	1
43	34	10	343	1
44	7	3	515	4
45	44	15	431	4
46	3	36	305	4
47	11	3	317	-
48	2	8	111	-

Táblázat. A vizsgált Sorex-fajok fogszáma az egyes rétegekben



2. ábra. A hajdani vízgyűjtő üledékkitöltését 9,3 méter mélységig termelték ki

lelőhelyet. A Somssich-hegy 2-es lelőhelyen ezután jó ideig nem történtek kutatások, csak 2013 nyarán folytatódott az ásatások.

A kutatás előzményei

A Jánossy Dénes és kutatócsoportja által gyűjtött ősmaradványok jelenleg a Magyar Természettudományi Múzeum Őslénytani



3. ábra. A lelőhely a Somssich-hegy tetején

és Földtani Tárában található. Részletes feldolgozásuk máig csak néhány csoport (puhatestűek, hörcsögök, valamint a cickányok és a pockok egy része) esetében történt meg [2]. A további kutató-

A 2014/15-ös tanév során iskolánk Pintér Ernő Tudományos Diákköre – amelynek mi is tagjai vagyunk – a rovarrevő emlősök *Soricidae* (cickányok) családjába tartozó fajainak a lelőhelyen előforduló maradványai alapján olyan élőhely-rekonstrukciót végzett, amely segít a lelőhely paleoökológiai viszonyainak tisztázásában.

A lelőhely anyaga kiválóan alkalmas a változások észlelésére, mivel az itt feltárt 50 réteg időbeli adatsort szolgáltat az éghajlatról és az élővilágról. Diákkörünk néhány réteg feldolgozásánál az ősmaradvány-anyagnak az üledékekből történő kiválogatásával, valamint a csontok és fogak előzetes taxonómiai meghatározásával kapcsolódott be a kutatásba. Az előzetes, osztály

szintű (kétélűek, hüllők, madarak, emlősök) taxonómiai meghatározás mellett anatómiai elkülönítést (csontok, állkapcsok, koponyák, fogak) is végeztünk. Az emlősfogakat további csoportokba soroltuk (pl. rágcsálók, rovarrevők, denevérek, kisragadozók). Ezt a munkát témavezetőnk, *Mészáros Lukács* irányítása alatt végeztük. A kutatások során a cickányfélék (*Soricidae*) maradványaira koncentráltunk mind az 50 réteg esetében.

A cickányokat legnagyobbbrészt 3 nemzetség (*Beremendia*, *Sorex* és *Crocidura*) képviseli. Ezek közül a *Sorex*eket és a *Crocidurá*kat szeretnénk volna indikátorként használni, tehát az első feladat a *Beremendiák* elkülönítése volt (4. ábra). Ez nem volt nehéz, mivel az említett nemzetség képviselői a többi fajnál jóval nagyobbak, valóságos „óriás

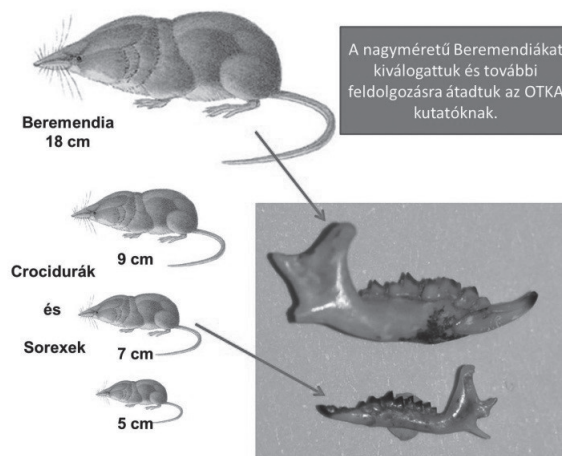
sok *Pazonyi Piroska* vezetésével folynak, amelynek eredményeiről előzetes jelentések már megjelentek [2]. Ezen vizsgálatok alapján a fauna a kora pleisztocén időszak legvégéről származik, és mintegy 900 ezer – 1 millió éves. Becslések szerint az egyes rétegek néhány 100 (legfeljebb 500) évet reprezentálnak, és az egész rétegsor kb. 10 ezer évet fog át.

cickányok” [3]. A rovarrevő anyagból tehát a nagyméretű *Beremendia fissidens* faj leleteit további feldolgozásra szintén átadtuk a kutatóknak.

Ezután önálló munkaként a cickányfélék két nemzetségének az egyes rétegekben való előfordulását tanulmányoztuk. A lelőhelyen témavezetőnk meghatározása alapján három *Sorex* (erdei cickány) és két *Crocidura* (mezei cickány) faj fordult elő. Ebben a korábbi kutatásban mindössze annyit vettünk figyelembe, hogy a *Crocidurá*k a nyílt, füves vegetáció és a száraz, meleg éghajlat indikátorai, míg a *Sorex*ek legtöbb faja a hűvös, nedves erdőt kedveli [4–6]. A cickányfajok előfordulása ebben a megközelítésben tehát jól tükrözi a klimatikus és társulástani viszonyokat.

Az 50 rétegből eddig a két nemzetségnek összesen 5883 fogat különítettük el, amelyből 5285 a *Sorex*ekhez, 598 a *Crocidurá*khoz tartozott (5. ábra).

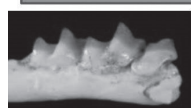
A csoportok egymáshoz viszonyított



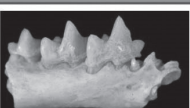
4. ábra. A *Beremendiák* elkülönítése a *Sorex*ektől és a *Crocidurá*kól méret alapján történt

arányát rétegenként ábrázolva (6. ábra) és az eredményeket a kutatók adataival összevetve arra következtettünk, hogy a rétegsor alján, az 50–47. réteg képződése idején, a területen szárazabb, melegebb klímán kialakult, zárt lombos erdő nőtt, amelyben szinte csak *Sorex*ek éltek. Ezután, a *Sorex*ek számának növekedése alapján a 35. rétegtől hűvösebb és nedvesebb éghajlat következhetett, amelynek következtében, elsősorban a *Sorex*eknek kedvező fenyőerdő alakulhatott ki a lelőhely környezetében, amelynek kisebb tisztás területein alárendelt szerepet játszottak a *Crocidurá*k. A 36. rétegtől felfelé a területen a hűvös-nedves és a meleg, száraz éghajlati periódusok hatására a nyílt füves puszta és a zárt erdei vegetáció aránya folyamatosan változott, amit a mezei és erdei cickányok arányának változása jól tükröz.

Az 50 rétegből két nemzetség fajainak 5883 fogát számoltuk össze, ebből

5285
tartozott a
Sorexekhez

Réteg	Sorex	Crocidura
1.	0	0
2.	4	0
3.	3	0
4.	91	65
5.	180	89
6.	49	20
7.	8	6
8.	65	27
9.	14	13
10.	28	31
11.	25	21
12.	69	30
13.	97	32
14.	58	13
15.	80	4
16.	27	10
17.	4	4
18.	5	3
19.	35	0
20.	12	3
21.	24	1
22.	194	27
23.	0	0
24.	91	1
25.	154	21

598
tartozott a
Crocidurákhoz

Réteg	Sorex	Crocidura
26.	34	15
27.	107	15
28.	170	16
29.	34	0
30.	44	18
31.	131	8
32.	86	1
33.	140	12
34.	62	0
35.	206	6
36.	189	1
37.	132	6
38.	156	8
39.	62	3
40.	129	5
41.	207	8
42.	388	17
43.	359	6
44.	484	6
45.	202	4
46.	310	20
47.	311	2
48.	4	0
49.	0	0
50.	21	0

5. ábra. A *Sorex*- és *Crocidura*-fogak rétegtörténeti előfordulása a korábbi vizsgálatok szerint

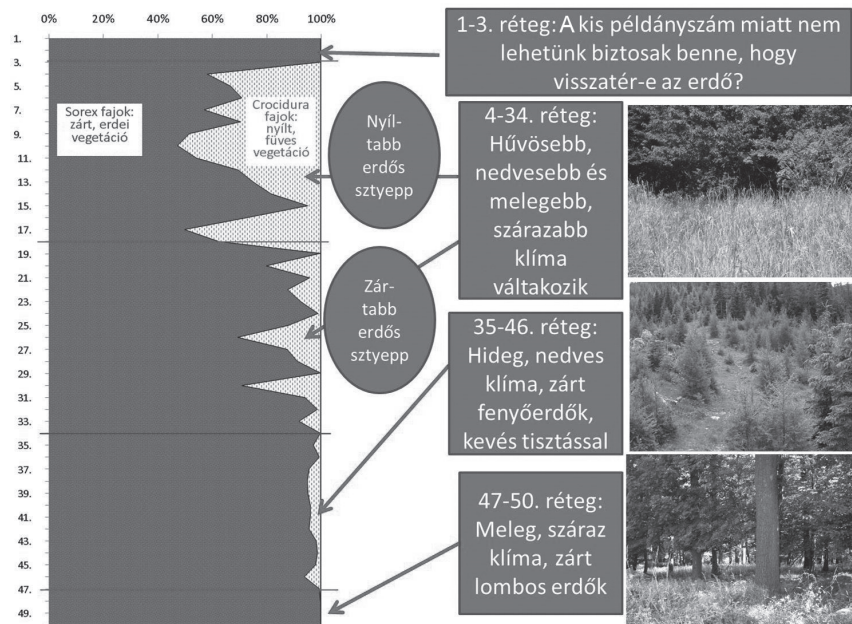
A 36–18. rétegeig inkább zártabb, erdősebb sztyepp uralkodott (több *Sorex*szel), míg később inkább a nyíltabb vegetáció dominált, amelyen megnőtt a *Crocidurák* aránya. A lelőhelyről más kutatók által meghatározott rácsálófajok arra utalnak, hogy ebben az időszakban a mainál jóval szárazabb (esetleg fűsivatagos) periódusok is megjelenhettek [7]. A rétegsor tetején, a 3–1. rétegekben ismét csak *Sorex*ek fordulnak elő, de itt a kis példányszám miatt nem lehetünk biztosak benne, hogy valóban visszatért-e a zárt erdő.

Ezeket az eredményekkel kutatócsoportunk két másik tagja (Mogyorósi Levente és Pallagi Farkas) a 24. Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Versenyen mutatta be.

A kutatás célja

A vázolt ökoszisztéma-rekonstrukció legnagyobb része összhangban volt kutatónk eredményeivel [2]. Egyedül a 34–48. réteg esetében merültek fel kétségek, ugyanis arról tájékoztattak minket a kutatók, hogy ezen rétegekben nagy számban fordultak elő olyan rácsálók, amelyek elterjedésének a hűvös éghajlat és a nyílt vegetáció kedvez. Vagyis jelenlétük elmentmond a mi korábbi megállapításainknak, amelyek szerint akkoriban többnyire zárt, erdős vegetáció uralkodott volna. Ezen ellentmondás feloldására új vizsgálatot indítottunk az említett rétegekkel kapcsolatban. Ez alkalommal azonban már nem csupán genus, hanem faj szerint különítettük el a talált leleteket.

Ez az új vizsgálat csupán a három *Sorex*-fajt érintette, ugyanis esetükben találhatók csak eltérések az élőhelyigényeiket illetően, míg a két *Crocidura*-faj igényei megegyeznek.



6. ábra. Klíma- és ökoszisztéma-rekonstrukció a cickánynemzetségek réteg szerinti előfordulása alapján

Vizsgálati módszerek

Az elkülönítés ismét fogak alapján történt (7. ábra). A lelőhelyen előforduló három *Sorex*-faj a *Sorex minutus*, a *Sorex*

runtonensis és a *Sorex (Drepanosorex) savini*. A faj szerinti elkülönítést a fogak fajra jellemző jegyei tették lehetővé.

A *Sorex (D.) savini* fogai viszonylag könnyen kiválogathatók, mivel a mindhárom fajra jellemző pigmentáció ennél a fajnál igen világos, narancssárga színű. Sokat segít a meghatározásban, hogy méretét tekintve mindkét másik fajnál észlelhetően nagyobb (8. ábra).

A *Sorex runtonensis* (9. ábra) és a *Sorex minutus* (10. ábra) fogszínezete közel egyforma (sötétvörös), így megkülönböztetésük méret alapján történt. A *S. minutus* méretei sokkal kisebbek, mint a *S. runtonensis*éi.

Ezt az elkülönítést teljesen önállóan végeztük, de amikor témavezetőnk utólag ellenőrizte a munkánkat, két új, számunkra ismeretlen cickánypaj, a *Neomis newtoni* és az *Asoriculus gibberodon* jelenlétét fedezte fel. A *Neomis newtoni* foga élénkpiros, az *Asoriculus gibberodon* pigmentációja pedig a *S. (D.) savini*éhez hasonlóan halvány narancssárga, fogaik mérete pedig nagyjából megegyezik az általunk vizsgált fajok fogainak méretével.

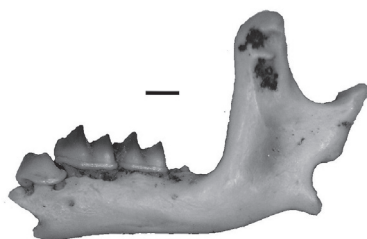
A két faj példányszáma olyan alacsony volt, hogy lényegesen nem változtatott volna a *Sorex*ek számának arányán, de a pontosság miatt a számításokat már a témavezetőnk által korrigált adatok alapján végeztük. A kapott ada-

tokból Excel táblázat segítségével grafikon készítettünk.

Az ábramagyarázatokban használt anatómiai kifejezéseket [5] szerint használtuk.

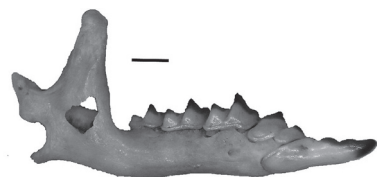
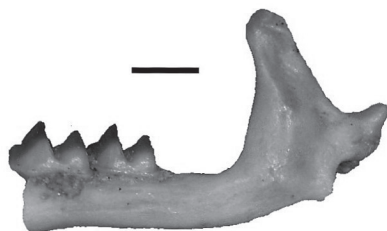


7. ábra. A szerzők munka közben

8. ábra. *Sorex (Drepanosorex) savini* bal állkapocstörődéke

Eredmények

Összesen 243 *S. minutus*, 192 *S. (D.) savini* és 3630 *S. runtonensis* fogat számoltunk meg. A kapott eredményeket az **táblázat** és a **11. ábra** mutatja be, ahol az egyes *Sorex*-fajokat külön, a *Crocidurák*at (mivel környezeti igényük azonos) egységesen ábrázoltuk.

9. ábra. A *Sorex runtonensis* jobb állkapocstörődéke10. ábra. A *Sorex minutus* bal állkapocstörődéke

A *Sorex*ek aránya mindvégig jóval nagyobb, mint a *Crociduráké*. A *Sorex*eken belül a *S. runtonensis* előfordulása sokkal

nagyobb arányú, mint a másik két fajé. A *S. minutus* és a *S. Savini* változó mennyiségben jelenik meg, ám megfigyelhető, hogy legtöbb esetben arányuk együtt változik.

A legjelentősebb *S. minutus* és *S. (D.) savini* aránynövekedés a 38. és a 40. rétegnél tapasztalható. Az első esetben ez egybeesik a *Crocidurák* arányának megnövekedésével, a második esetben azonban nem tapasztalható párhuzam.

Következtetések

Következtetéseink levonásakor ezúttal nem csupán a *Sorex*ek által jelzett környezeti és éghajlati tényezők segítségével következtünk az éghajlati változások menetére, hanem külön-külön, faji szinten is megkülönböztetve vettük figyelembe a *Sorex*-fajok igényeit, melyek a következők.

A három vizsgált faj közül egyedül a *S. minutus* él ma is, így ennek az igényeit ismerjük legjobban. Ez a cickány a nedves éghajlatot és bozót, erdős vízparti területeket kedveli [6, 8].

A *S. (D.) savini* valószínűleg a vízparti környezetet részesítette előnyben [8, 9].

A *S. runtonensis* megjelenésének a nyílt vegetáció kedvezett leginkább, és az egészen hideg éghajlatot is jól viselte. Jelenléte tehát utalhat hideg sztyeppre, sőt akár tundrára is, akárcsak a mai *S. tundrensis* cickányé [10].

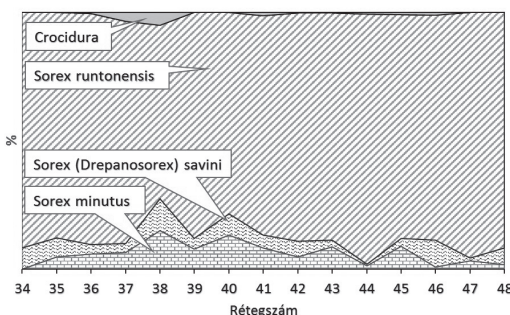
A *Sorex*eknek a teljes most vizsgált sorozatban tapasztalható jelentős számbeli fölénye azt mutatja, hogy az egész idő alatt hideg éghajlat uralkodott.

Az, hogy a *S. minutus* és *S. (D.) savini* arányok majdnem egyszerre változnak, arra enged következtetni, hogy a zárt vegetáció (a *S. minutus* jelzi) – mivel együtt jelenik meg a nyílt víztükrrel (amit a *S. (D.) savini* jelez) – nem erdőt, hanem vízparti bozót területet indikál. A *Crocidurák* számának növekedése többnyire együtt jár a *S. minutus* és a *S. (D.) savini*ével, ami arra mutat, hogy a vízparti bozótosok megjelenése legtöbb esetben a zord éghajlat enyhülését is jelenti. Az összefüggés a 38. rétegnél a leglátványosabb. A felmelegedés azonban nem lehetett túl jelentős, tekintve a *Crocidurák* mindvégig rendkívül kismértékű jelenlétét.

Ha ezt a megítélást összevetjük a döntő többségben jelenlévő *S. runtonensis* igényeivel, arra a következtetésre juthatunk, hogy a 34–48. rétegsor által reprezentált

időszakban ezen a területen meglehetősen hideg éghajlatú nyílt vidék lehetett, időnként jobban elterjedő, majd újra visszaszoruló bozótossal tarkítva.

Ez magyarázza meg és oldja fel tehát azt az ellentétet, amely a kutatók és a mi korábbi megállapításaink között fennállt. Kiderült ugyanis, hogy a vizsgált területen a 34–48. rétegek kelet-

11. ábra. A vizsgált *Sorex*-fajok fogarányának ábrázolása az egyes rétegekben

kezésekor nem a korábban feltételezett zárt, erdős, hűvös környezet, hanem – meglepetésünkre – egy (valóban hűvös) sztyepp uralkodott.

Az írás szerzői diákpályázatunk **Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájában** második díjat kaptak.

Irodalom

- [1] Botka D. – Mészáros L. (2015): A Somssich-hegy 2-es lelőhely (Villányi-hegység) alsó-pleisztocén Beremendia fissidens (Mammalia, Soricidae) maradványainak taxonómiai és paleoökológiai vizsgálata. Földtani Közlöny, 145(1): 73–84.
- [2] Pazonyi P. – Mészáros L. – Szentesi Z. – Gasparik M. – Virág A. – Gere K. – Mészáros R. – Botka D. – Braun B. – Striczky L. 2016: Taxonomical, taphonomical and paleoecological aspects of a late Early Pleistocene vertebrate fauna from the Somssich Hill 2 site (South Hungary). – In: HOLWERDA F., MADERN A., VOETEN D., VAN HETEREN A., MEIJER H. & DEN OUDEN N. (eds.): XIV Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists, Programme and Abstract Book, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Haarlem, The Netherlands, p. 36.
- [3] Mészáros L. (2014): Óriási törpék: Szörnyetegcickányok a Kárpát-medencében. Élet és Tudomány, 69 (3): 82–84.
- [4] Mészáros L. (1998): A magyarországi késő miocén cickányok (Soricidae) paleoökológiai jelentősége. Állattani Közlemények, 83(1): 41–52.

- [5] Mészáros L. (1998): A magyarországi felső miocén cickány (Mammalia, Soricidae) maradványok. Doktori disszertáció, ELTE, Őslénytani Tanszék
- [6] Rzebik-Kowalska B. (1995): Climate and history of European shrews (Family Soricidae). Acta Zoologica Cracoviensia, 38: 95–107.
- [7] Striczky L. – Pazonyi P. (2014): Taxonomic study of the dormice (Gliridae, Mammalia) fauna from the late Early Pleistocene Somssich Hill 2 locality (Villány Mountains, South Hungary) and its palaeoecological implications. Fragmenta Palaeontologica Hungarica, 31: 79–111.
- [8] Reumer, J. W. F. (1984): Ruscinian and early Pleistocene Soricidae (Insectivora, Mammalia) from Tegelen (The Netherlands) and Hungary. Scripta Geologica 73, 1–173.
- [9] Maul – Parfitt (2010): Micromammals from the 1995 Mammoth Excavation at West Runton, Norfolk, UK: Morphometric data, biostratigraphy and taxonomic reappraisal. Quaternary International, 228(1): 91–115.
- [10] Osipova V. A. – Rzebik-Kowalska B. – Zaitsev M. V. (2006): Intraspecific variability and phylogenetic relationships of the Pleistocene shrew *Sorex runtonensis* (Soricidae). Acta theriologica, 51(2): 129–138.

Diszciplínák találkozása: a karcagi Asszonyszállási-halom földrajzi, néprajzi és régészeti kutatása

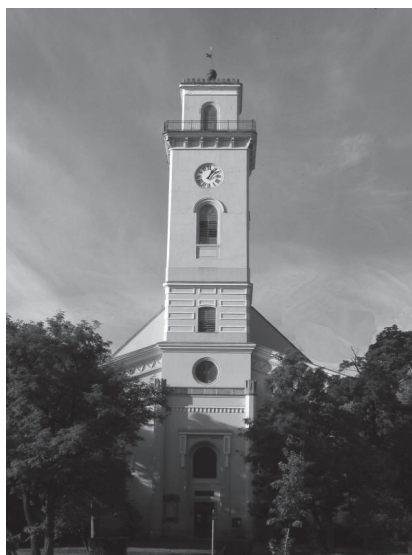
TÓTH ZOLTÁN

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium

Ki ne hallott, olvasott volna már a kunhalmokról? Megtalálhatók ezek a térfelszíni formák az Alföldünkön mindenfelé, sok közülük híressé is vált. Regék, mondák és nagyfontosságú leletek fűződnek a nevükhöz. Az egyik ilyen halom Karcag határában, Asszonyszálláson található. A mai Karcagtól észak-északkeletre található területet már az 1506-ban kelt határigazító oklevélben említik. A kunhalmok nemcsak tájképi tartozékai az Alföldnek, hanem sajátos történeti, kultúrtörténeti értéket is rejtene rétegeikben. A régészeti kutatások kiderítették, hogy a halmok nagy része rézkori, kora bronzkori temetkezések, bronzkori telepek, szarmata, germán, honfoglalás kori temetők, Árpád kori templomok és sírok, olykor valóban kun temetkezések nyomait őrzik.

A Magyarországra költözött kunok vezető rétege a XIV. század közepéig magányos sírokba temetkezett, a köznép pedig a XIII. század második felétől nagy sírszámú szállástemetőket létesített, általában a történetileg jóval korábbi kurgánon. A szállástemetők elhelyezkedésében a táji adottság is szerepet játszott, hiszen a Nagykunságban a vízjárásos terület aránya igen nagy volt, így ésszerű volt kiemelkedő halmokon temetkezni.

Pályamunkámban feltárom a karcagi Asszonyszállási-halom földrajzi és néprajzi indexeit, bemutatom Asszonyszállás történetét, kitérek a területén folytatott régészeti feltárások eredményeire és etnográfiai vonatkozásaira. Vizsgálati és kutatási módszereim a következők voltak: adatgyűjtés a Karcagi Györfly István Nagykun Múzeum Adattárában, a Városi Csokonai Könyvtárban, a Szolnoki Damjanich János Múzeumban, valamint többszöri terepbejárás és feltérképezés, fényképek készítése.

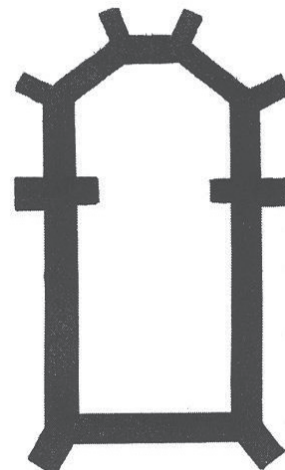


A XV. századi asszonyszállási templom alaprajza és a Karcagi Református Nagytemplom ma: közös múlt, közös építőkövek kapcsolata

Asszonyszállás – néhai falu a karcagi határban

1506-ban keletkezett az az oklevél, amely első alkalommal említi Karcagot mint akkori falusi települést „Karczaghwzallas” néven. Igazolja a falu fennállását, ugyanakkor az első karcagi határleírást is megőrizte, tele hasznos, kutatható és tanulságos határnevekkel. Történt ugyanis, hogy 1506 nyarán II. Ulászló király vizsgálatot rendelt el a királyi birtokon egy régóta elodázódó határvi-ta miatt, amely a Kolbászszerkezhez tartozó Karcagújszálláson és Asszonyszálláson élő kunok, valamint a váradi püspökség Ladányi nevű falujában élő jobbágyok között tört ki.

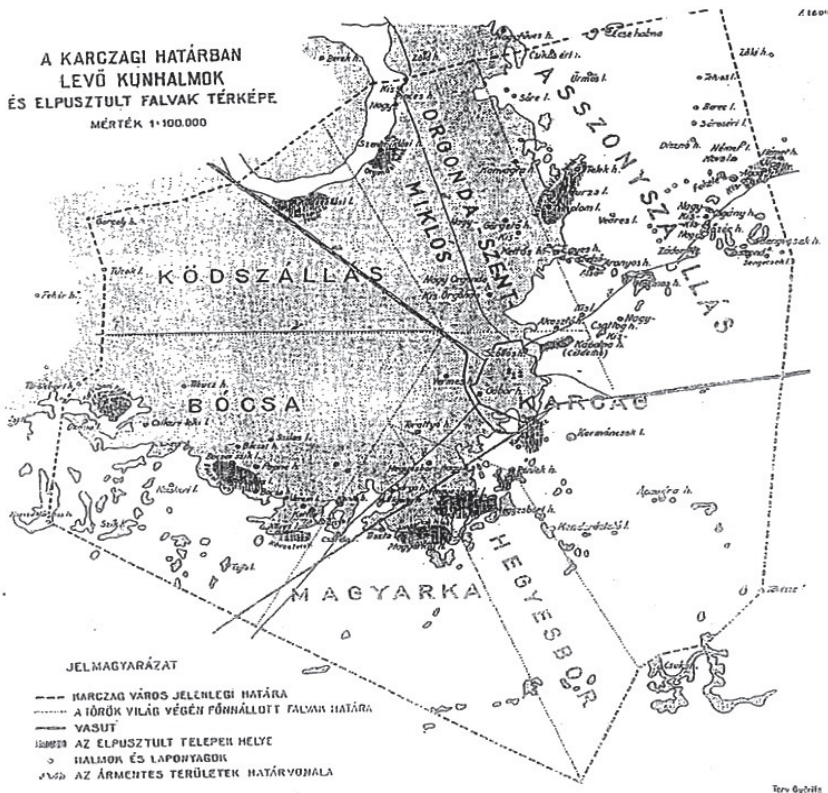
A vizsgálat célja elsősorban az volt, hogy a területen élő kunok és a ladányi jobbágyok között hivatalosan is kijelölje



az új határt, valamint megszüntesse a közöttük lévő ellenségeskedést. A vizsgálatot *Werbőczy István* országbíró és *Mezőgyáni Máté* személynök végezték. A peres felek, valamint a szomszédos nádudvariak meghallgatása után, megállapították a határrészek elkülönítését, kijelölték a vitás területet.

1521. január 18-án újabb határigazítás folyt le a már említett Ágota-pusztával északról szomszédos vitás határ rész ügyében. Ebben asszonyszállási kunok perlekedtek a Maghy, Parlaghy és a Derzsi, Szabolcs megyei nemes családokkal. Ettől kezdve már Asszonyszállás szerepel az összeírásokban.

1552-től az egri várhoz szolgáló falvak között találjuk mint kolbászszerkezi települést. Egy török defter – tulaj-



A karcagi határban lévő kunhalmokról készített Györffy-térképen (1921) jól beazonosítható az általam vizsgált asszonyszállási határ

donképpen az első szisztematikus hazai településfelmérés – 1571-ben készült összeírása alapján az 1552. és az 1566. évi nagy pusztulások után is 39 család, közel 250 lélek lakta a települést, az 1591–1592-es összeírás azonban csak 10 családot és 16 háztartást említ a területen.

1593–1606 között, azaz a 15 éves háború után, 1626-ban Asszonyszállás azon 10 újból benépesült nagykunsági falu között van, amelyek évi 300 forintért bérlék a még pusztá falvak határát. Heves vármegye 1647-ben és 1675-ben keletkezett összeírásaiban valóban élő, adófizető településként szerepel, majd 1760-ban, egy akkor 70 éves karcagi tanú azt vallja, hogy a kápolnási és az asszonyszállási határokat egykor Kápolnáson és Asszonyszálláson lakó emberek mutatták meg neki. Innen tudjuk, hogy Asszonyszállás az 1680-as évek háborúit túlélte, de az 1691–1692. évit nem.

Az 1699-es kamarai összeírásban így írnak róla: „Asszonyszállás-pusztá, területének nagyobb része jó minőségű, a többi mocsár és nádas.” A szántókat a karcagújszállási gazdák művelték, ők bontották el a kőből épült asszonyszállási templom maradványait, az itt lebontott téglát a saját templomuk javításához használták fel. Asszonyszállás teljesen beolvadt Karcagba, lakosságának



A halom tengerszint feletti magassága 90,1 méter

maradéka minden bizonnyal ide húzódott, templomának anyagát beépítették a karcagi nagytemplomba, majd a hosszú ideig bérelt határt, a redemptio évében, 1745. május 6-án véglegesen megváltották 5000 forintért. [1]

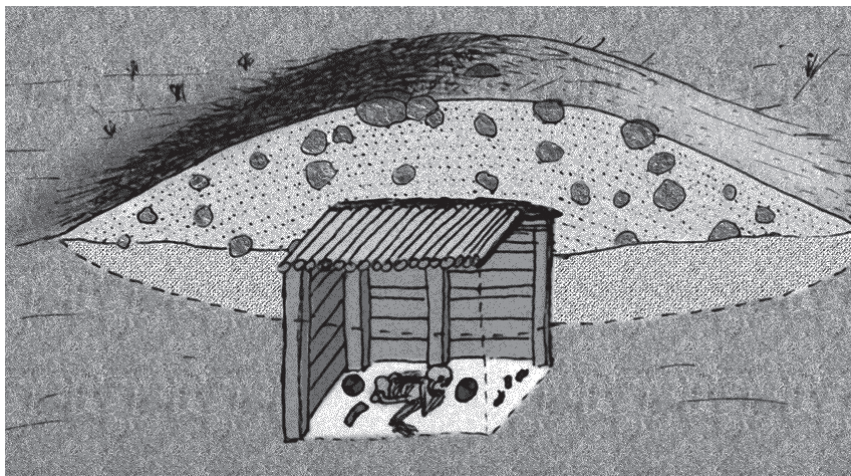
nül megmaradt löszpusztai vegetáció miatt védetté nyilvánították a Kis-Gergely-halmot és a Pincés-halmot. Utóbbi a két település különválásakor Berekfürdő közigazgatási területére esett. [3] Az 1991-ben kapott hatáskör alapján a Karcagi

Az Asszonyszállási-halom kataszterezése

Noha a kunhalmoknak csak egy kis része kötődik a kunokhoz, indokolt a kunhalom gyűjtőnév használata. Ez azt jelenti, hogy különbséget tudunk tenni a mesterséges létrehozott és a természetes kiemelkedések között. Az Alföldön 40 ezerre becsüljük számukat, alapjukat részben már az ókor embere megvetette: az árvizektől védett magaslatokon telepedett meg, ide építette lakóhelyét, ide temetkezett. A hely az idők folyamán lakódombbá alakult át, amelyre rátelepedett a bronzkor, majd a népvándorláskor embere. Az egyik sajátos halomtípus, a tell is így keletkezett.

E mesterséges képződmények az ember művei, mélyükben találhatók az ott élt emberek csontjai, az elfogyasztott állatok maradványai, az egykori házak alapjai, cseréptöredékek. A tellek a legrégebbi halmok, évezredek kultúráját őrzik, például a keltákét, a gepidákét, a szarmatákét, az avarokét, a magyarokét, a kunokét. [2]

A kunhalmok sorsát igen jól példázza az, hogy néprajztudósunk, Györffy István 1921-ben csak Karcag határában 63 kunhalom helyét és nevét jelölte meg térképen. 1987-ben a felszínükön érintetlen



A kunok jellegzetes temetkezési szokásai: lovas temetkezés, kurgánon álló csészetartó szobrok, kurgánba való temetkezés

Önkormányzat 1993-ban két alkalommal nyilvántott védetté kunhalmokat, majd a 34/1994. (X.12.) számú önkormányzati rendeletben egységes szerkezetbe foglalta a 24 kunhalom – és épületek, építmények – helyi védelmére vonatkozó adatokat és előírásokat, köztük szerepel a kutatásom részét képező Asszonyszállási-halom is.[4]

A halom nevének eredete

A halom nevének eredete feltehetőleg a kun Qatínča/Katincsa – Asszonyka, úrnőcske tükörfordítása lehet. A történeti monda csupán áttételesen, a „Zádor és Ágota” szerelmi történet és legenda kapcsán említi. A Katoncsa alakú kun eredetijét Mándoky Kongur István nyomán Torma József idézi. Pesty Frigyes Jászkunság I. című kéziratot helynévtárában Varró László mk. főbíró 1864. április 27-én kelt archaikus összeírásában a következő szerepel: „A község határában előforduló topographiai nevek; következők: Ködszállás, Hatház, szántó föld - Bócsa, Magyarka legelő - Hegyesbor, részint szántó, részint legelő - Asszonyszállás legelő; melyek hajdan mind megannyi helységek valának, 's a' tatárjárás által pusztultak el.” [5]

Értékes információt hoz Kimnach Ödön is, 1903-as etnográfiai értesítőjében a következőt olvashatjuk Asszonyszállásról: „Régente falu, ma szántóföld, dombos fekvésű vidék a Nagy-Iván felé vezető út mentén, hol ma is sok cserép, vas, kő s más emlékek találhatók, melyek azt bizonyítják, hogy régente emberi lakóhely volt”. [6]

A halom fekvése, magassága, állapota

Az Asszonyszállási-halom a város északi-keleti, külterületi határ részén, a tilalmasi műúttal párhuzamosan futó földút mellett fekszik, az egykori Magyar-Bolgár Barátság Mgtsz. központja közelében. Kurgán, feltétlenül kikerülendő lelőhely, nagy valószínűséggel rézkori temetkezés helye, rajta, illetve körülötte középkori falu. KÖH (Kulturális Örökségvédelmi Hivatal) azonosító száma 32760. EOV (Egységes Országos Vetület) térképlap száma 68-433, földrajzi koordinátái: x = 792890, y = 226920. A helyszínen 1968–1970 között Selmezy László végzett feltárásokat.

Az általam vizsgált halom esetében az 1980-as évek közepén, a Tóth Albert által vezetett felmérés idején még volt szintezési jegy, de annak az utóbbi években rejtélyes módon nyoma veszett. Az 1953-tól hazánkban is bevezetett ún. balti magasság 0,675 méterrel kevesebb a trieszti értéknél.

A halom magassága egységesen a kronstadti szintre vonatkoztatva 90,1 méter. A halmok egymástól való távolsága alapján megállapítható, hogy az Asszonyszállási-halom egyes, más néven egyedül álló halom. Karcag környékén ez a leggyakrabban előforduló típus, amikor a halmok néhány kilométerenként követik egymást.

A halom tömegének állapota alapján beszélhetünk ép, megbontott, ráhordott, ronsolt, elhordott és halomhely kategóriákról. Az Asszonyszállási-halom az ép kategóriába sorolható, ami azt jelenti, hogy a halmot a természetes erőzión és a szántáson kívül semmi sem változtatta meg.

A halmon és a körülötte végzett ásatás nem okozott deformációt a halom állapotában. A halom felszíne kevésbé kultúrjellegű, az egykori magassági jegy is lekerült róla. Az antropogén hatások jeleit kevésbé hordozza magán. Mozaikosan több sajátosság is előfordulhat: részben szántott, helyenként ösgep borítású vagy gyomfoltok foglalják el, csupán néhány felszíni téglatörmelék utal egykori lakott voltára, illetve az itt végzett munkálatokra. Az Asszonyszállás-telek is innen származik.

A halom közvetlen környékének a halmot környező egyhektáros területet tekintjük. Lakott kuntelepülés volt, elsődlegesen kedvező, víz közeli fekvése miatt. Keleti oldalán kiszáradt folyóvölgy húzódik. A halom közvetlen környéke szántóföld, köszönhetően jó minőségű csernozjom talajának, 2015-ben napraforgóábráknak adott otthont.

A vizsgált terület egy része egykori mocsár-fertő kiszáradt térsége, zömmel sziki legelők, kaszálók, intenzíven művelt gyepek borítják. Közvetlen környéke – a halom felszínétől eltérően – viszont erőteljesen kultúrjellegű. A természetes képet rontja a halom szomszédságában található villanyoszlopok, illetve a vele párhuzamosan futó tilalmasi műút, amely mentén kivétel nélkül telepített akácerdőt, gyomerdőt és bozótost találunk.

A halom régészeti adatai

Az Asszonyszállási-halmot és szállásterületét *Selmeczi László* vezető régész tárta fel 1968–1970 között, mindazonáltal a részben karcagi kötődésű Laci bácsit (nagybátyja, Selmeczi Pál a Karcagi Kátai Gábor Kórház egykori vezető belgyógyász főorvosa volt, unokatestvére, Selmeczi Edit pedig gimnáziumunk magyar–angol szakos tanára) a „jászok leg-hűségesebb régészeként” ismerjük mind a mai napig. Jelentősebb régészeti ásatásait a nagykunsági, a karcagi határban fekvő asszonyszállási és orgondaszentmiklósi



Egy feltárt aknasír

kun, a jászági négyszállási és ágói középkori településeken és templom körüli temetőikben végezte.

A középkori falu egykori területének legkiemelkedőbb pontján állott a falu temploma. A temetkezések részben a templomban, részben a templom körül történtek. A temetőt, ahol 240 sír került elő, körben temetőárok szegélyezte. A legrégebbi sírokat Zsigmond obulusai datálják. Ez azt jelenti, hogy az asszonyszállási kunok Zsigmond uralkodása idején a feudális társadalomba jórészt beilleszkedettnek tekinthetők, hiszen gazdaságukra állandó település és temető épülhet. [7]

A feltárt sírok kivétel nélkül aknasírok, ahova deszkakoporsókban temették a halottakat. A koporsók többségét leszögelték, néhányukon kulcsos zár volt. A koporsóban a halottakat a megfigyelhető szerves maradványok alapján köznap, vagy diszruhában temették el. Más sírmelléklet nemigen fordul elő a sírokban, kivéve néhány tárgyat (pénz, üveg-gömb). A feltárt sírok nagyobb százalékában egyaránt megfigyelhető volt, hogy a halottakat a koporsóba helyezés előtt növényi rostból szőtt halotti lepedőbe csavarták. Az archeobotanikai vizsgálat eredményei szerint a halotti lepedőket nádból szőtték, a vizsgálatokat *Csépai Ferenc*, a Szolnoki Damjanich Múzeum munkatársa végezte. [8]

A kunok temetkezési szokásainak három legfőbb jellemzője a kurgánon (kun-halom) álló csészetartó szobor, szobrok, a kurgánba való temetés, valamint a lovas temetkezés. A régészet itt elsősorban a temetkezési szokásokban továbbélő pogány szertartás nyomait találta meg, köztük a kultikus növényként használt, archeobotanikai vizsgálatokkal alátámasztott anyarozs és ürömfű felhasznál-

lását, amelyek a kun temetkezési szokások specifikumaként értékelhetők.

Anyarozsral elsősorban a halottak koponyájának környékét szórták be, tehát pogány temetkezési rítusra utaló nyom és emlék, de nyomon követhető a népi nar-kotikumok között is. Szokás még a rozs gombás megbetegedése után rozsűszögnek, esetleg varjúkörömnnek is hívni. Az orvostudomány többször is használta a nőgyógyászatban a szülés utáni vérzés enyhítésére. Az asszonyszállási kun sírokban minden valószínűség szerint nem a vérzéscsillapító hatása miatt került, hanem mert ismerték hallucinogén hatását (az 1930-as években izolálták az anyarozs hatóanyagát, a lizergsavat, majd később ebből szintetizálták a világszerte ismert kábítószert, az LSD-t.) Közismert más hatásáról is, miszerint élénkíti a nemi vágyat és a nemi aktivitást. Ebből kifolyólag sajátos afrodisziákum is, amelyről egy XVII. századból való kézirat így számol be: „felindítják a férfiaságot és szaporítják a magot.” [9]

Az asszonyszállási kun temetkezési szokások másik kultikus gyásznövénye az ürömfű volt, sírba tétele – a koponya alá téve csokorban, fejpárna formájában – ugyancsak szokásként rögzíthető. Az üröm gyásznövényként való használatáról római sírokban történő előfordulásából tudunk, de mind ez idáig középkori temetőből nem volt ismert. A Kárpát-medencében előforduló négy fajtája közül itt a Nyugat-Ázsiából származó fehér-ürömről kell gondolnunk, ennél fogva a törökségi kultúrából származik felhasználása. A növényt elsősorban rontáselelőző céllal tették a sírokba, ma is ilyen céllal használják még Kazahsztánban a kazakok és a Kaukázusban élő kumuk.

A misztikus világkép is felhasználja az ürömet démonűzésre, ártó erők távoltartására. A középkorban elterjedt neve a boszorkányseprű, ez is utal arra, hogy e növény bizonyos módon – füst, főzet, olaj, alkohol, kenőcs formájában – alkalmazva egyik lehetséges segédeszköze a dimenzióváltásnak. Ezt támasztja alá szélsőséges könnyítő és csiráló hatása is. Az asszonyszállási temető bizonyítja számunkra, hogy az üröm a XIV–XVI. században fontos gyásznövény volt, és jelentős szerepet játszott a kun temetkezési szokásokban is.

Ugyancsak említésre méltó, bár már csak korábbi szokás kiveszéséről tanúsít a feltárt 240 sír közül 2 sír földjében talált egy-egy lófog, amelyek temetéskor kerülhettek oda. Ezt a megfigyelést látszik alátámasztani az is, hogy a feltárt temetőrészről sehol másutt nem került elő semmiféle lócsont-maradvány. Mindez bizonyítékot szolgáltat arra is, hogy amennyire eltérte a katolikus egyház a növényekkel való



A feltárt sírok egyik kultikus növénye az anyarozs

bűbajoskodást, annyira ellenezte a régi pogány létet sokkal inkább szimbolizáló lóáldozatot. [8]

Az ásatások a kun műveltség egy igen becses emlékére, a kunok gyászszínére is fényt derítettek. A Karcag környéki szállástemetők XVI. századi rétegéből előkerült viseletmaradványok mindegyike lila színű volt, amiből Selmeczi László régész arra következtetett, hogy az asszonyszállási és orgondaszentmiklósi kunoknál a XIV–XVI. században a színes, jelesen a lila gyász volt a gyakorlat. Magának a lilás-kék, kék színnek a kunoknál való nagy szerepére utal a Nagykunság területén elterjedt és a néprajzi anyagban ma is megtalálható kunkék szín használata is. [10]

A halom botanikai és tájképi értékei

A jellegét még őrző, ép, de jelenleg is szántott Asszonyszállási-halom a mezőgazdasági művelés következtében eredeti vegetációját elvesztette, botanikai értéket nem hordoz, többnyire kultúrnövényzet vagy gyomtársulás borítja felszínét. A tájképi érték megítélése meglehetősen szubjektív.

Itt elsődlegesen azt a tájértéket próbálom kifejezni, amelyet a halom az adott helyről nézve a szemlélőben mint látvány kivált. Megítélésem szerint az Asszonyszállási-halom magas, szép

formájú kiemelkedés, de legfelsőbb kultúrrétege a talajművelés következtében megsemmisült. Környezeti zavarástól mentes kurgán, kedvező tájképi környezetben, egyedül a halom szomszédságában húzódó villanyvezeték rontja a tájképi értékét.

A halomhoz fűzhető irodalmi, néprajzi és kultúrtörténeti vonatkozások


A legenda szerint az itteni faluban lakott Ágota, akibe beleszeretett a Kevibe való kun vitéz, Zádor. A kun történetet *Úy Péter* verselte meg a XIX. század húszas éveiben, és máig igen népszerű ezen a vidéken a Zádor és Ágota című mű. Láthatjuk, halmok is őrzik a két szerelmes nevét (Ágota-halom, Zádor-halom), sokan olvasták, könyv nélkül is idézték, szívesen hallgatták idősebb emberektől Zádor és Ágota történetét, amely aztán szájhagyomány útján terjedt. [10]

x

Az emlékezet olyan, mint egy mély kút, amelyből tiszta vizet meríthetünk mindennapjainkban, vagy messzire vezető utunk során. A kutat, az emlékezet tisztán kell tartanunk, óvnunk kell őket, hogy ne kerüljön bele szennyeződés, vize ne legyen zavaros. Ilyen tiszta pusztai kutak a kun emlékhelyek, köztük a karcagi kunhalmok is, amelyek az élő

hagyomány és az írott történelmi források mellett felélénkítik emlékezetünket, felfrissítik lelkünket, megelevenítik múltunkat. [11]

A Karcagi Nagykun Református Gimnáziumban műhelymunka keretében 2012 óta foglalkoznak diáktársaim karcagi és Karcag környéki kunhalmok kutatásával, munkájukat *Major János* orosz–földrajz szakos tanár irányítja. A kutatáshoz szükséges engedélyt a Közép-Tisza-vidéki Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség adta ki. Ebbe a munkába 2015-ben kapcsolódtam be, s rögtön egy önálló kutatási témát bízott rám tanár úr, nevezetesen az Asszonyszállási-halom feltérképezését, amelynek eredményeit pályázatomban közöltem.

Bízom abban, hogy olyan természeti és kulturális értéket sikerült feltárnom és bemutatnom, amely felkelti korosztályom érdeklődését a téma iránt. Elkészítettem az Asszonyszállási-halom kataszterezését, a halom komplex elemzése jelentette önálló kutatásom célját. Remélem, hogy kutatási eredményeimmel hozzá tudtam járulni az iskolai műhelymunka sikereihez. 

Az írás szerzője diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájában harmadik díjat kapott.

Irodalom

- [1] Elek György (2008): Várostörténet 52 tételben, Karcag város története 1506–1950 között, Karcag
- [2] Körmendi Lajos (2006): Az álom fonákja, Barbaricum Könyvműhely
- [3] Tardy János (1996): Magyarországi települések védett természeti értékei, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- [4] Buka László (1996): Hajdú-Bihar megye jeles kiemelkedései. Dombok, halmok, kurgánok. Debrecen (UMTSZ III. 487.)
- [5] Pesty Frigyes kéziratos helységnévtárából (1978): I. Jászkunság. Közzéteszi Bognár András, Kecskemét–Szolnok
- [6] Kimnach Ödön (1903): Helynevekhez fűződő mondák Karczag vidékén, MTA Könyvtára, Ethnografia XIV.
- [7] Dr. Bellon Tibor (1974): Karcagi várostörténeti tanulmányok, Selmeczi László: Adatok és szempontok a kunok régészeti kutatásához Szolnok megyében, Karcag
- [8] Dr. Selmeczi László (2011): Kötöny népe Magyarországon, Karcag
- [9] Magyary-Kossa Gyula (1929–1940): Magyar orvosi emlékek. I–IV. Budapest
- [10] Dr. Bartha Júlia (2002): A Kunság népi kultúrájának keleti elemei, Studia Folkloristica et Ethnographia 44, Debrecen
- [11] Pintér Zoltán Árpád (2015): Kun emlékhelyek a Kárpát-medencében, Előszó: Dr. Fazekas Sándor, Karcag (4.)

A zeolitszoport néhány ásványa



Chabazit – Marokkó (*Parent-Géry felvétele*)



Nátrolit (*Forrás: wikiwand.com*)



Faujasit – Németország (*Völker Betz felvétele*)



Dezmin – India (*Forrás: Wikipedia*)



Mezolit (*Forrás: Wikipedia*)



Skolecit - Mexikó (*Forrás: www.irocks.com*)



Klinoptilolit - Spanyolország (*Christian Rewitzer felvétele*)

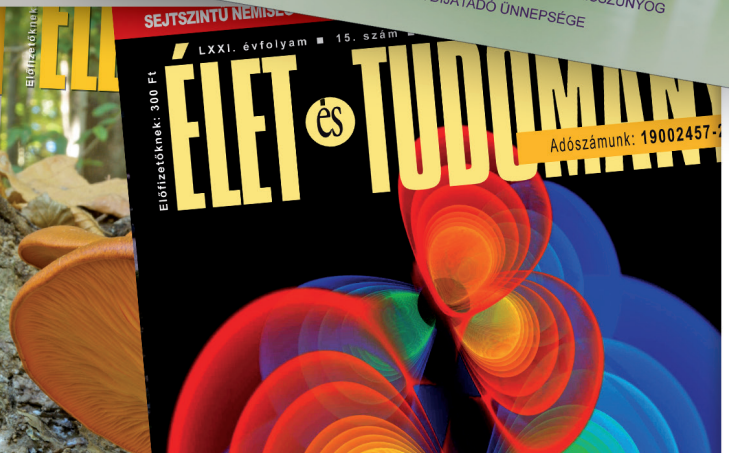
Jöjjön a
Planetáriumba,
olvassa lapjainkat!

40 éves a Planetárium

2017. május 12-én 40 éves a *Planetárium* címmel ingyenes rendezvényre várnak minden kedves érdeklődőt a TIT Budapesti Planetáriumban. Planetáriumi műsorok, csillagászati kézműves játszóház, Sétáló Naprendszer vetélkedő, muzsikáló csillagvilág, lézershow... Részletes program és regisztráció a www.planetarium.hu honlapon. A rendezvényt a Nemzeti Kulturális Alap támogatja.



Nemzeti Kulturális Alap



A TARTALOMBÓL

Szegedi László: Az időzítés halálosan fontos

Erős Vilmos: A hanyatlás világháború közötti magyar történeti gondolkodás

N. Szabó József: A humán és a Magyar Tudomány rendszerváltás idején

Harmati Róbert: Egy Miksa lehetséges életforrása

Pelle János: Józsefváros

Dr. Benda József: Gyermek A demográfiai krízis és a



17005